

This is a copy of a report published by the Swedish Road Administration
(Vägverket).

Citation for the published report:

Persson, J. & Pettersson, T. (2006) *Svenska dagvattendammar: om
provtagning, avskiljning och dammhydraulik*. Publikation 2006:115.
Borlänge: Vägverket.

The publication is also freely available at:
[http://publikationswebbutik.vv.se/upload/685/2006_115_dagvattendamm
ar.pdf](http://publikationswebbutik.vv.se/upload/685/2006_115_dagvattendamm
ar.pdf)

Published here with permission from Vägverket.



Epsilon Open Archive <http://epsilon.slu.se>



Dagvattendammar

Om provtagning, avskiljning och dammhydraulik

Titel: Dagvattendammar - Om provtagning, avskiljning och dammhydraulik

Publikation: 2006:115

Utgivningsdatum: November 2006

Utgivare: Vägverket, enhet Samhälle och Trafik, avdelning Vägteknik

Kontaktperson: Magnus Billberger Stev och Torbjörn Svenson Stev

Författare: Jesper Persson SLU och Thomas Pettersson Chalmers

Tryck: Vägverket, Borlänge

ISSN: 1401-9612

Omslagsfoto: Järnbrottsdammen i Göteborg, Stefan Bydén

Distributör: Vägverket, Butiken, 781 87 Borlänge.

Telefon: 0243-755 00, fax: 0243-755 50 e-post: vagverket.butiken@vv.se

Dagvattendammar: om provtagning, avskiljning och dammhydraulik.

Jesper Persson, SLU och Thomas Pettersson, Chalmers

Innehållsförteckning

Akronymer	4
Sammanfattning	5
1. Introduktion	7
1.1 Bakgrund och problem.....	7
1.2 Syfte och målsättning.....	7
1.3 Frågeställning.....	7
1.4 Metod.....	8
1.5 Avgränsningar.....	9
2. Om avskiljning.....	10
2.1 Avskiljning av olika ämnen	10
2.2 Sedimentation	10
3. Att bestämma hydraulisk effektivitet.....	13
3.1 Dammhydraulik	13
3.2 Spårämnesförsök och datorsimuleringar	13
3.3 Hydraulisk effektivitet: parametrar och teori.....	14
4. Att mäta avskiljningseffektivitet: Provtagningsprogram.....	19
4.1 Uppföljning av dagvattendammar i allmänhet.....	19
4.2 Provtagningsprogram.....	19
4.3 Analyser i laboratorium	23
5. Förväntad avskiljning	24
5.1 Avskiljning över lång tid	24
5.2 Avgränsning av faktorer	26
6. Resultat med diskussion.....	29
6.1 Inventering av provtagna dammar	29
6.2 Reduktion av suspenderat material och tungmetaller	35
6.3 Dammhydraulik	37
6.4 Relation mellan avskiljningseffektivitet och effektiv specifik dammarea.....	38
6.5 Avslutande diskussion	39
7. Slutsatser.....	40
Referenser	42
Bilaga 1. Tabell över provtagna dagvattendammar	48
Bilaga 2. Protokoll över samtal i samband med inventeringen	50
Bilaga 3. Ordlista	51

Akronymer

BOD	Biological Oxygen demand
CFD	Computational Fluid Dynamics
DHI	Danish Hydraulic Institute
FORMAS	Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande.
FoU	Forskning och Utveckling
PAH	Polyaromatiska kolväten
SGI	Statens Geotekniska Institut
SLU	Sveriges Lantbruksuniversitet
SS	Suspended Solids
US EPA	United States Environmental Protection Agency
VA	Vatten och Avlopp

Sammanfattning

Sedan början av 1990-talet har intresset för öppna system för omhändertagande av dagvatten ökat dramatiskt, vilket har resulterat i en stor mängd nyanlagda dammar. Enligt en studie från SGI (Vägverket 2003) uppskattas det finnas cirka 400 dammar längs det svenska allmänna vägnätet. Anläggandet av nya dammar har sedan dess fortsatt att öka i oförminskad takt. Men trots att huvudsyftet med dessa åtgärder är att rena vattnet är kunskapen om avskiljningseffektiviteten dålig. Det finns såväl teoretisk kunskap som genomförda datasimuleringar, men relativt få experimentella studier som verifierar teori och simuleringar, och det finns ännu färre studier kring hur dammarnas utformning påverkar avskiljningen.

Syftet med denna studie är dels att utifrån befintliga teorier om avskiljning och dammhydraulik, empiriskt granska kopplingen mellan avskiljningseffektivitet och dammhydraulik, och dels att inventera och analysera genomförda vattenprovtagningar. Målsättningen med studien är primärt att resultatet skall ligga till grund för en framtida uppdatering av Vägverkets råd vid dimensionering och utformning av dammar för väg dagvatten.

För att få fram så mycket data som möjligt var ambitionen att samla in alla genomförda provtagningar som gjorts i Sverige. I sökarbetet användes SGI:s nationella inventering, databasen Libris, en inventering gjord av SLU (finansierad av Formas), samt intervjuer av personal från sex av Vägverkets regionkontor och från tolv kommuner. För att få ett större underlag användes även provtagningar från dagvattendammar som även tar emot vatten från till exempel bebyggelse.

Inventeringen kunde påvisa 51 fall i Sverige där man undersökt dagvattendammar. Av dessa utgjorde 27 fall där det tagits prov på in- och utgående vatten i syfte att bestämma dammarnas avskiljningsfunktion. Resterande fall utgjordes av rena sedimentprovtagningar. Vid genomgång av de 27 fallen visade det sig att cirka 70 % av provtagningarna inte har använt en metodik som gjort det möjligt att säga något om dammens avskiljningskapacitet, trots att det var syftet. I 16 fall utgjordes provtagningen av stickprov och i 13 fall saknades flödesmätning. Resultaten var med andra ord nedslående.

Resultaten från de provtagningar som genomfördes på ett korrekt sätt, visar att dammar med snarlika specifika dammytor (det vill säga kvoten mellan dammarean och avrinningsområdets hårdgjorda yta) kan ge såväl dåliga som bra avskiljningsresultat. Det gick därför inte direkt att påvisa ett samband mellan avskiljning och specifik dammarean. Resultaten stödjer emellertid tumregeln att dammar bör ha en *specifik area* runt cirka 200-250 m²/ha. I de fall man endast räknar med den "verkliga" dammarean, som inte innehåller döda zoner eller större recirkulationszoner, kan denna rekommendation även uttryckas som att *effektiv specifik area* bör vara större än 100-150 m²/ha.

Resultaten visar att hydrauliken spelar en stor roll. Däremot kan denna studie inte tydligt visa på i vilken omfattning. Sambandet mellan föroreningsavskiljning och specifik dammarean blir emellertid bättre om man korregerar värdena på dammytorna, så att bara den effektiva delen av dammen inkluderas. Vad som också framträder är att hydrauliken spelar mindre roll om systemet är ”överdimensionerat”, det vill säga en dålig spridning av inkommande vattnen får en stor betydelse om den specifika dammarean är 100 m²/ha jämfört med en area på 300 m²/ha.

Studiens slutsatser kan formuleras i fyra punkter:

- Provtagningen av dagvatten är bristfällig och bör förbättras genom bättre kompetens hos beställare och utförare.
- Det finns en liten mängd användbar data över dammars föroreningsavskiljning och hydraulik.
- Sambandet mellan avskiljning och dammens specifika dammarean är oklar.
- Dammens specifika area och hydraulik spelar en stor roll för avskiljningen.

Av slutsatserna kan följande rekommendationer ges:

- En enkel kvalitetshöjande åtgärd är att låta en oberoende expert granska provtagningsprogram och tolkning av resultaten. Denna ”3:e part” kan utgöras av en konsult eller forskare inom eller utanför Vägverket.
- Det är mycket kostsamt att genomföra korrekta provtagningar av dagvattendammar. Det är därför bättre om resurser samlas för att genomföra korrekta provtagningar.
- Mer forskning behövs. Ett alternativt ställningstagande är att övergå till att bara mäta halter i syfte att avgöra vattnets ecotoxitet, och därmed ge upp ambitionen att få fram ett tydligt kvantitativt samband kring avskiljningseffektiviteten.
- Det är viktigt att dammen inte underdimensioneras, men också att dammarnas form granskas med avseende på hydraulisk effektivitet. Alla dammrutningar bör ses över med avseende på dammhydraulik för att undvika att allt för dåliga lösningar genomförs.

1. Introduktion

1.1 Bakgrund och problem

Under de senaste tio åren har intresset för öppna system för omhändertagande av dagvatten ökat dramatiskt, vilket har resulterat i en stor mängd nyanlagda dammar. Enligt en studie från SGI (2003) uppskattas det finnas cirka 400 anläggningar för omhändertagande av vägdagvatten längs det svenska allmänna vägnätet. Fördelen med dessa öppna system är att de inte bara reglerar flöde och förbättrar vattenkvaliteten genom sedimentation, utan till skillnad från de slutna systemen även kan ha ett ekologiskt värde och ge en förbättrad landskapsbild.

För att projektera sådana anläggningar finns idag ett antal manualer och anvisningar (Vägverket 1998a, Vägverket 1995, MWCOC 1992, US EPA 2004, Larm 2000, Urbonas and Stahre 1983). Emellertid saknas information om hur dammarnas funktion med avseende på avskiljningseffekt påverkas av dammarnas utformning. Det som finns idag på detta område är teoretisk kunskap (Persson m.fl. 1999) som i vissa fall har verifierats med hjälp av datorsimuleringar (Koskiahio 2003, Pettersson 1999, German 2003). Vad som saknas är en genomgång av empirisk data för att visa på sambandet mellan utformning och avskiljningseffektivitet. Problemet idag är att utformningen av dagvattendammar sker relativt godtyckligt. I bästa fall utformas dammar med kunskap som baseras på teoretiska antaganden om dammhydraulik, eller i värsta fall genom att man inte alls tar hänsyn till hur olika utformningar påverkar avskiljningseffektiviteten.

1.2 Syfte och målsättning

Syftet med denna studie är dels att utifrån befintliga teorier om avskiljning och dammhydraulik, empiriskt granska kopplingen mellan avskiljningseffektivitet och dammhydraulik, och dels att inventera och analysera genomförda vattenprovtagningar. Målsättningen med studien är primärt att resultatet skall ligga till grund för en framtida uppdatering av Vägverkets råd vid dimensionering och utformning av dammar för vägdagvatten.

Det har varit en ambition att hålla texten relativt enkel för att kunna nå en bredare läskrets, trots att detta är en FoU-rapport. För att ytterligare öka tillgängligheten har en ordlista lagts till, liksom texten om aktuella teorier och mätmetoder. Däremot förutsätts en grundläggande teknisk/naturvetenskaplig kunskap inom sektorn för vattenvård.

1.3 Frågeställning

Ur ett reningsperspektiv är dammens utformning viktig eftersom denna påverkar den hydrauliska effektiviteten, det vill säga förmågan att fördela inkommande dagvatten över hela dammens yta. Denna är i sin tur en funktion av dammens längd-bredd förhållande, samt ytterligare ett antal variabler som till exempel topografi, öar, bankar, vegetationens utbredning och täthet, samt placering av in-

och utlopp (Persson 2000). Idag har man relativt goda kunskaper om sambandet mellan dammhydraulik och dess utformning. Däremot är det inte lika känt hur avskiljningen påverkas av hydrauliken. Att den gör det vet man eftersom den effektiva dammarean minskar vid till exempel kortslutning av flödet.

Ett VA-forsk projekt som DHI-Sverige och Chalmers genomfört har visat att modellerad föroreningsavskiljning är en direkt funktion av hydraulisk effektivitet (German 2003, German m.fl. 2005). I ett av dessa projekt undersöktes två dagvattendammar genom att simulera olika utformningar och hur detta påverkar avskiljningseffektiviteten. Ett finskt projekt (Koskiahö 2003) har på liknande sätt simulerat och mätt sedimentationsprocesser. I båda dessa projekt har man dels utgått från två existerande dammar och sett vilka effekter en ändring av utformningen skulle ha, och dels använt sig av hydraulisk effektivitet (Persson m.fl. 1999) som en variabel i analysarbetet. Till skillnad från dessa två arbeten baseras denna studie på resultat från ett större antal mätningar, det vill säga ett empiriskt material, med syftet att beskriva kopplingen mellan avskiljningseffektivitet och utformning av dagvattendammar. En inledande hypotes i denna studie är att de dammar som har en låg hydraulisk effektivitet kommer att uppvisa en lägre avskiljningseffektivitet. De två frågor som därför ligger till grund för denna studie är: 1) vid vilken hydraulisk effektivitet kommer avskiljningseffektiviteten att bli väsentligt lägre och 2) i vilken omfattning påverkar hydrauliken avskiljningseffektiviteten?

1.4 Metod

För att skaffa sig kunskap om hur mycket olika dammar reducerar föroreningar i dagvatten, behövs resultat från provtagningar i fält. Därför ingår det i studien att samla in och analysera de provtagningsresultat som finns tillgängliga från fältmätningar som genomförts i Sverige fram till hösten 2005. Till skillnad från andra inventeringar inriktar sig denna studie på hur många provtagningar som gjorts, hur de är gjorda och vad som har mätts.

För att utnyttja projektets omfattning så effektivt som möjligt utgörs det empiriska materialet av resultat från tidigare genomförda provtagningar. För att effektivisera insamlingsarbetet ytterligare har två nyligen genomförda inventeringar av vägdagvattendammar utnyttjats, i syfte att få med så många objekt som möjligt: SGI:s nationella inventering *Vägdagvattendammar – En undersökning av funktion och reningseffektivitet* (Vägverket 2003) och SLU-Alnarps inventering av dagvattendammar i 12 svenska kommuner (ej ännu publicerat FORMAS projekt). För att hitta ytterligare dammar har vi:

- Intervjuat personal från 6 av Vägverkets regionkontor (Bilaga 2).
- Intervjuat personal från ett urval av 14 kommuner som är aktiva inom dagvattenområdet i syfte att för att få in de senaste undersökningarna (Bilaga 2).
- Sökt i biblioteksdatan Libris efter utredningar, examensarbeten med mera.

Det kan inte uteslutas att vi har missat någon eller några provtagningar, men det är högst troligt att det största flertalet av genomförda provtagningar på dagvattendammar i Sverige ingår i denna studie.

Efter insamlingen av provtagningsprogram gick arbetet över till att söka efter data på dammarnas hydrauliska effektivitet. Detta görs bäst genom att resultat samlas in från spårämnesstudier eller CFD-simuleringar. I de fall dessa uppgifter saknades beräknades den hydrauliska effektiviteten med Thackstons ekvation, vilken beskriver sambandet mellan effektiv volym och dammarnas längd-bredd förhållande. Utredningsarbetet tar sin utgångspunkt i teorier kring dammhydraulik och avskiljning över en längre tidsperiod (*long term average removal*) men även för provtagning med varierande hydraulisk belastning.

1.5 Avgränsningar

I denna rapport studeras bara självfallsdammar (det vill säga att ingen pumpning sker) med genomgående flöde. Avsättningsmagasin eller dammar med styrsystem som reglerar inflödet tas inte med i studien. Avsättningsmagasin behandlas ingående i Vägverkets rapport "Vägdagvatten dimensionering av avsättningsmagasin" (Vägverket 1995). Exempel på avsättningsmagasin är Linneaholm utanför Solna, som även har genomgått en större utredning med avseende på reningseffektivitet (Vägverket 2001) samt Gårdaanläggningen i Göteborg (Jakobsson, 2006). I andra fall har det genomförts provtagningar på system som till utseendet skiljer sig för mycket från konventionella dammar. Detta kan till exempel vara tunnlar eller diken (till exempel Eugeniattunneln och Igelbäcken i Solna kommun) eller mer komplexa system av våtmarker och dammar (till exempel Flemingsbergs våtmarksanläggning i Stockholm).

Vidare ingår även dammar som tar emot annat vatten än ren avrinning från vägbanor och parkeringsytor. I studien ingår det således samtliga dagvattendammar som påträffats i Sverige som tar emot någon andel dagvatten från vägbanor och parkeringsytor. Denna avgränsning är nödvändig för att öka antalet dammar som undersökts med avseende på avskiljning, men också för att avskiljningsprocesserna är samma för olika typer av dagvatten.

Studien inriktas på hur dammar påverkar sedimentation av partiklar och de föroreningar som är kopplade till sedimentationsprocessen som till exempel tungmetaller och fosfor. Därför ingår inte ämnen som till exempel oljeprodukter och kväve i studien. Vi tittar inte på i vilken mån dammarna uppfyller sina mål (*performance*) utan bara på hur mycket de renar procentuellt för olika ämnen. Avslutningsvis skall det påpekas att utformningen inte bara påverkar avskiljningen via dess inverkan på hydrauliken. Andra möjliga effekter är att utformningen påverkar vegetationsetablering som i sin tur påverkar avskiljningen, genom vegetationsupptag, filtrering, genom att vegetationen bryter jetströmmar och minskar resuspensionen (se vidare i kapitel 2) eller motsatsen genom att vegetationen kanaliserar flödet.

2. Om avskiljning

2.1 Avskiljning av olika ämnen

Avskiljning av föroreningar i en dagvattendamm sker genom flera olika avskiljningsprocesser, till exempel sedimentation av partiklar och associerade föroreningar, kemisk omlagring av föroreningar från lösta föroreningar i dagvattnet till bottensediment samt genom vegetationsupptag. Vidare kan partiklar och associerade föroreningar avskiljas genom att de filtreras bort, genom befintlig vegetation i dammar och våtmarker.

Eftersom olika föroreningar i dagvatten är bundna till partiklar i olika hög grad så avskiljs dessa olika effektivt i en sedimentationsdamm respektive våtmark. Oftast är organiska föroreningar, till exempel polyaromatiska kolväten (PAH), starkt hydrofoba och därmed nästan uteslutande bundna till partiklar. För metaller varierar associationsgraden till partiklar mycket, till exempel är huvuddelen av förekomsten av bly i dagvatten bundet till partiklar (80-90%) medan koppar (beroende på syrehalt och pH) kan vara starkt förskjuten åt den lösta fasen (Pettersson 1999). Olika kväve- och fosforföreningar är i varierande grad associerade till partiklar och därmed varierar också avskiljningen av dessa i samma grad. Oljeprodukter som har en lägre densitet än vatten koncentreras till vattenytan och avskiljs främst genom att oljeskärmar placeras vid dammens utlopp, eller genom att dammens utlopp placeras under vattenytan.

2.2 Sedimentation

Den enskilda process som bidrar mest till avskiljningen är utan tvekan sedimentation av partikulära föroreningar. Sedimentationen är beroende av flera olika parametrar såsom partiklarnas storlek, densitet och form (sfäriska, flockar, trådform med mera). Dammens storlek och form är av stor betydelse för hur effektivt sedimentationen av partiklar kan ske. Vidare är dagvattenflödet kopplat till nederbörden, vilket medför intermittenta flöden in till dammen, varför det är svårt att beräkna hur lång uppehållstid vattnet får i anläggningen, vilket i sin tur är en av de viktigaste parametrarna för sedimentationsprocessen. En annan effekt är att om dammen är stor i förhållande till avrinningsområdets storlek kommer vattenvolymerna för de flesta dagvattenavrinningar (från respektive regn) att rymmas i anläggningen när regnet, och därmed inflödet, upphör, det vill säga det förorenade dagvattnet från det aktuella regntillfället kommer att stanna kvar i anläggningen till nästa dagvattenvolym (vid nästa regntillfälle) rinner in.

Faktorer som påverkar sedimenteringsförloppet:

Som tidigare nämnts är dagvattnets uppehållstid i dammen en av de viktigaste faktorerna för hur effektivt föroreningarna, främst de partikulära, avskiljs. Det finns dock fler parametrar som påverkar avskiljningen av föroreningar genom sedimentation.

Dagvattnets partikelinnehåll. Koncentrationen av SS (Suspended Solids) kan påverka hur mycket som avskiljs. I en studie av Vägverket (1995) visade det sig att en halt på 75-100 mg/l är önskvärd och att avskiljningen planar ut (överstiger inte en viss effektivitet) för koncentrationer ner mot cirka 10 mg/l. Vid högre koncentrationer än 100 mg/l styrs avskiljningen helt av aktuell sedimenteringstid.

Partiklarnas storlek respektive densitet. En kanadensisk studie (Marsalek m.fl. 1998) har visat att dagvattenpartiklar som flockas i en dagvattendamm (det vill säga att primärpartiklar i inkommande dagvatten aggregeras) får en större diameter men en minskad partikeldensitet. Det kunde också visas att flockar på runt 5-15 μm har en maximal sjunkhastighet. Detta innebär att de mindre primärpartiklarna, med en mindre diameter (1-9 μm) och hög densitet ($> 2500 \text{ kg/m}^3$), och de större flockarna, med en större diameter ($>50 \mu\text{m}$) och lägre densitet ($\leq 1000 \text{ kg/m}^3$), inte avskiljs i lika hög utsträckning. Stora flockar är samtidigt väldigt fragila och bryts lätt upp redan vid lättare turbulenta flödesförhållanden i dammen.

Dammhydraulik. I en omfattande studie av Persson (2000) genomfördes en jämförelse mellan olika dammgeometrier och vattnets olika uppehållstider. Studien visade bland annat att längd-bredd förhållandet och lokalisering av in- och utlopp har stor betydelse för hur lång medeluppehållstid vattnet får vid ett antagande om konstant inflöde, men även hur vattnet rör sig inom dammen. Studien visade också att svängda dammar och dammar med öar placerade längs en av kanterna inte påverkade vattnets uppehållstid nämnvärt.

Magasineringskapacitet och permanent pool. All dagvattenhantering har i princip minst två mål; att rena vatten och fördröja/utjämna vattenflöden. Men Wong och Somes (1995) visade att dessa två mål kan stå i konflikt med varandra. För en stor magasineringsvolym innebär det (i regel) att det första regnet som äntrar dammen också är det första som kommer ut ur dammen, med en mycket kort uppehållstid som resultat.¹ Men eftersom det i regel är just detta vatten som är det mest förorenade blir avskiljningskapaciteten lidande. I det omvända fallet med en liten magasineringsvolym blir uppehållstiden lång. Wong och Somes slutsats blev att det bästa resultatet², i det fall man vill uppnå båda målen, erhöles då det fanns en permanent vattenmängd motsvarande 25% av den maximala.

Vegetation (flödesutjämning och filtrering). Dammar och särskilt våtmarker får med tiden en kraftig vegetationstillväxt vilket oftast påverkar anläggningens förmåga att avskilja föroreningar positivt. Flera undersökningar har visat att vegetationen bryter ner inflödets jetstålar och dess virvelbildande energi och turbulens. Detta främjar partikelavskiljningen genom en ökad uppehållstid (Kadlec and Knight 1996) och reducerar resuspension (Lopez and Garcia 1998).

¹ Detta förutsatt att man inte har en "speciell" utloppsanordning som till exempel en sifon eller en mekanisk utloppsanordning.

² Beräknat för det geografiska området *Melbourne*, Australien.

I ett par studier visas att fysikalisk filtrering, det vill säga avskiljning genom att partiklar fångas på vegetationsstammarnas yta, kan öka avskiljningen av partiklar från vattenfasen (Stumpf 1983, Leonard m.fl. 1995, Palmer m.fl. 2004). Till exempel Leonard m.fl. (1995) observerade att partikelavskiljningen på blad av *Juncus roemerianus* bidrog upp till 10% av den totala sedimentationen i ett tidvattenräske. Stumpf (1983) observerade att 80% av det suspenderade materialet i en flod avskiljdes efter att det transporterats 12 m i en avbördande och rikt vegetativt bäck, där partiklar funna på stammar från vattenväxter svarade för 50% av denna minskning.

Teorier för sedimentation

Flera olika teorier används för att beskriva och modellera dagvattenpartiklars avskiljning genom sedimentation. Dessa är allt från enkla samband, såsom Stokes lag, till mer avancerade modeller. I denna rapport har vi valt att gruppera dem i tre olika nivåer (det vill säga grad av komplexitet).

Nivå 1, kan enklast beskrivas som tyngdlagens påverkan på en partikel i ett stillastående eller mycket jämnt fördelat flöde utan någon turbulens. Här beräknas avskiljningen av partiklar främst med hjälp av Stokes lag (ekvation 2.1), det vill säga avskiljning som en funktion av sjunkhastighet och uppehållstid i lugna vattenvolymer.

$$v_s = \frac{g}{18} (\rho_p - \rho_w) \frac{d^2}{\eta} \quad (2.1)$$

ρ_p = partikeldensiteten [kg/m³]

ρ_w = vattendensiteten [kg/m³]

d = partikelstorleken [m]

η = vattnets dynamiska viskositet [kg/m³]

Nivå 2, är en utveckling av modellen i nivå 1 där även inflödets storlek i förhållande till dammens eller våtmarkens storlek (vattenyta) ingår i beräkningarna av förväntad partikelavskiljning. Grundläggande för en sedimenteringsbassängs funktion (ursprungligen för vattenrening) är Hazens ytbelastningsteori (Hazen 1904), vilken i korthet går ut på att den partikelstorlek som önskas avskiljas skall ha nått sedimenteringsbassängens botten innan vattnet lämnar bassängen. En vidareutveckling och förbättring av denna modell, för att också vara tillämplig i till exempel dagvattendammar, har gjorts av US EPA (1986).

Nivå 3, är den nivå där modeller för föroreningsavskiljning i dagvattendammar bygger på långa serier av noggranna mätningar (se Kapitel 5) av flera olika representativa dammar. Modellen är av empirisk karaktär och beskriver en damms effektivitet som funktion av dammarean i förhållande till avrinningsområdets hårdgjorda yta, dammgeometri (yta och djup) samt effektiv dammvolymer, som kommer att tas upp i nästa kapitel (Kapitel 3).

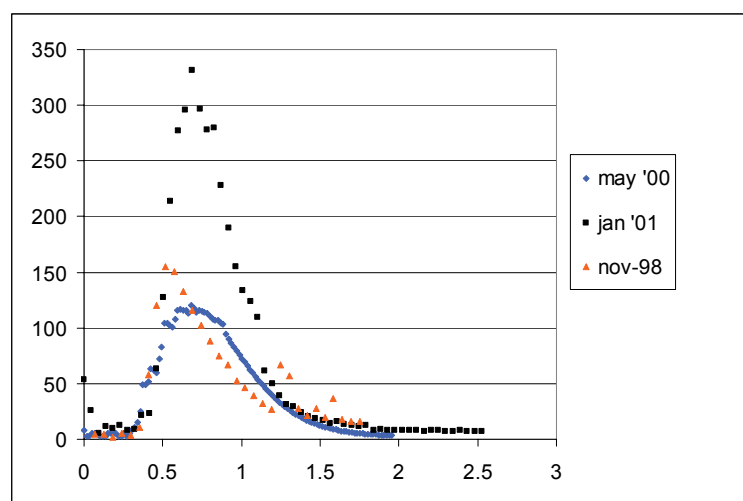
3. Att bestämma hydraulisk effektivitet

3.1 Dammhydraulik

Hydraulik kommer från grekiska och är en sammanslagning av *hyd'or* vatten och *aulos'* rör (Wessen 1997). Det anses allmänt behandla vattenförekomst och vattenrörelser i konstruktioner som rör, kanaler, pumpar, bassänger och vattenmagasin. När vi pratar om dammhydraulik menar vi hur vatten rör sig i våtmarker, magasin eller dammar. Strömningen är 3-dimensionell, men till skillnad från strömning i vattendrag som brukar förenklas till 1-dimension, liknas ofta vattenrörelser i dammar med 2-dimensionell strömning. Kunskap om denna strömning fås i regel genom försök med spårämnen, flottör, flygel³ eller genom datorsimuleringar.

3.2 Spårämnesförsök och datorsimuleringar

Spårämnesförsök är vanliga och går till så att ett spårämne tillsätts i systemets inlopp vid en viss tidpunkt. Koncentrationen av ämnet mäts sedan vid utloppet med avseende på tiden. Spårämnets funktion är att kunna detekteras även om den späts ut till en liten koncentration. Därför är det möjligt att använda allt från billiga material som koksalt och lerpartiklar till mer sofistikerade som litium, bromid, syre-18, rhodamin och fluorescin. Spårämnen som till exempel bromid har fördelen att de kan detekteras i små mängder och därför lokaliseras även om det har varit en kraftig utspädning. Mer sofistikerade spårämnen har även fördelen att de inte fastnar, sedimenterar eller fälls ut, utan transporteras med vattnet. Det senare gör det möjligt att erhålla en nära på 100 % massbalans. Resultatet av en spårämnesstudie är en funktion som visas i Figur 3.1, där spårämnets koncentration varierar med tiden.



Figur 3.1 Exempel på ett resultat från en spårämnesundersökning. Diagrammet visar hur koncentrationen på utgående vatten varierar med tiden. Exemplet visar resultatet från tre olika försök.

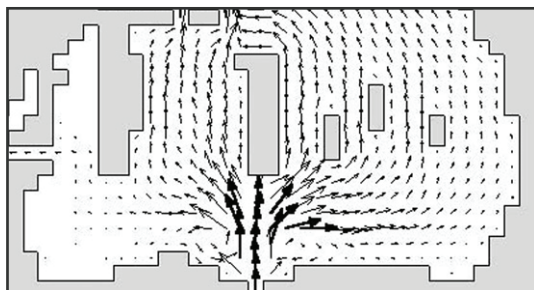
³ En flygel är en liten propeller som är kopplad till en varvräknare. När denna sänks ner i strömmande vatten börjar propellern att rotera, varvid vattnets hastighet i den punkten kan beräknas.

I regel passar spårämneskurvorna som visas i Figur 3.1 en så kallad Gauss-funktion som definieras som:

$$C(t) = \frac{M}{2\sqrt{\pi Et}} e^{-\frac{(x-Ut)^2}{4Et}} \quad (3.1)$$

C = koncentration [kg/m³]
 M = spårämnets massa [kg]
 E = diffusionskoefficient [m²/s]
 t = tid [s]
 x = längd [m]
 U = hastighet [m/s]

Datorsimuleringar av vattenflöde i dammar, våtmarker och magasin har gjorts i ett stort antal. Både 1-, 2-, 2.5- och 3-dimensionella modeller har använts. Ibland används även den engelska termen CFD modellering (Computational Fluid Dynamics) för dessa analyser. Principen är i samtliga fall att vattenvolymen delas in i många små celler varefter det i datorn går att beräkna hur mycket vatten som går in i och ut ur respektive cell. Till detta läggs bottenfriktion, vind och en mängd andra parametrar som påverkar hur vattnet förflyttar sig. Resultatet från datasimuleringarna består av tryck- eller strömförändringar för ytor, linjer eller punkter. Ofta visas hur hastigheten förändras över en yta som i Figur 3.2 (Adamsson 2004, Barrett 1996, Pettersson 1999, Persson 1999).



Figur 3.2 Exempel på hur vattenhastigheten förändras med avseende på hastighet och riktning nedströms ett inlopp i en damm.

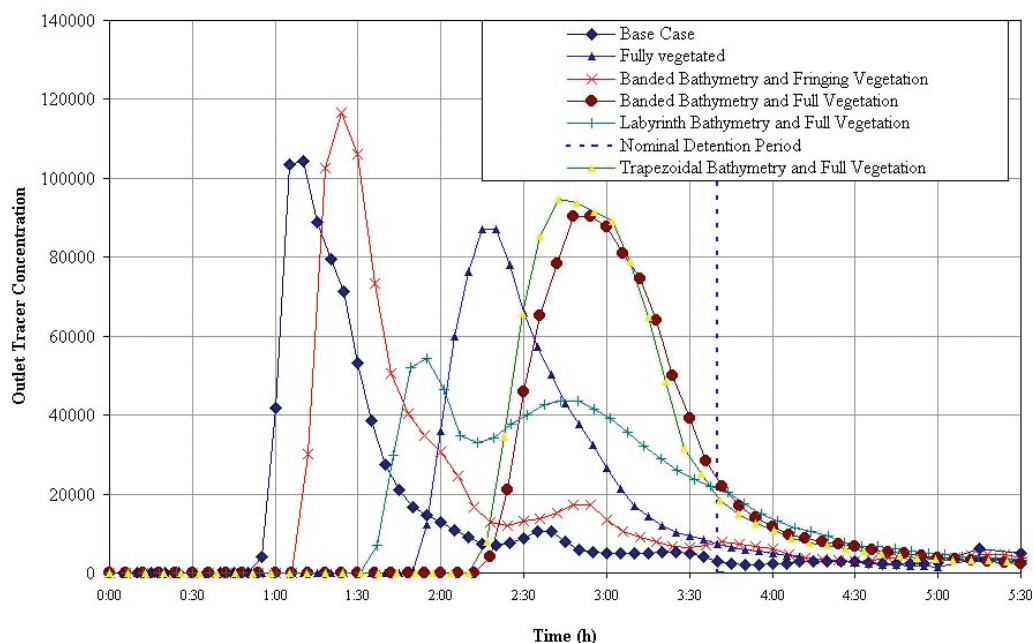
Simuleringar görs dock inte bara på tryck- hastighetsfält utan även för spårämnen, föroreningar eller andra parametrar som till exempel närsalter eller BOD. Genom att simulera spårämneshöjningar går det att få fram antingen hur ett spårämne förflyttar sig i rummet eller vid utloppet som i Figur 3.3.

3.3 Hydraulisk effektivitet: parametrar och teori

Ur avskiljningssynpunkt påverkar en rad parametrar hur mycket som renas, vilket har beskrivits i kapitel 2. För att beskriva dammhydraulik brukar parametrar som uppehållstid, flöde, vattenvolym, djup, nivåsenkning, vind, is och magasineringsvolym nämnas. Dessa parametrar är i många fall sammankopplade och ibland finns komplicerade faktorer bakom. Till exempel påverkas dagvattenflödet av regnets varaktighet, frekvens och intensitet, men även av

markens beskaffenhet som till exempel lutning och materialegenskaper. De viktigaste parametrarna, som påverkar flödet, anses generellt sett vara vindförhållanden, dammens form och placering av in- och utlopp.

För att kvantifiera dammens hydrauliska egenskaper brukar följande parametrar användas: nominell uppehållstid, medeluppehållstid, effektiv volym, effektiv volymskvot, och dispersion.



Figur 3.3 Simulerade spårämnesfunktioner i en damm med olika utformningar.

I en damm där det existerar ett pluggflöde, det vill säga att det inte sker någon omblandning av vattnet, definieras uppehållstiden (t_n) som nominell (*nominal residence time*) eller teoretisk uppehållstid, och beskrivs enligt ekvationen 3.2. I detta tillstånd kan uppehållstiden bara förändras genom att flödet eller vattenvolymen ändras.

$$t_n = \frac{V}{Q} \quad (3.2)$$

I verkligheten transporteras en del vattenpaket snabbt genom en vattenmassa medan andra tar längre tid på sig. Medeluppehållstiden t_{mean} , är den medeluppehållstid en spårämnespartikel (eller vattenpaket) har i ett vattensystem och den är alltid kortare än den nominella. Den definieras som centroiden av en spårämnesfunktion:

$$t_{mean} = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (3.3)$$

där funktionen $f(t)$ för ett injekterat spårämne i ett system med konstant vattenflöde är:

$$f(t) = \frac{QC(t)}{\int_0^\infty QC(t)dt} = \frac{C(t)}{\int_0^\infty C(t)dt} \quad (3.4)$$

där $C(t)$ är utgående spårämneskoncentration och Q är det konstanta vattenflödet. För att veta hur stor del av dammens vattenvolym som är verksam används termen effektiv volymkvot e , som är kvoten mellan effektiv volym och total volym Thackston (1987):

$$e = \frac{t_{mean}}{t_n} = \frac{V_{effective}}{V_{total}} \quad (3.5)$$

där V_{total} är den totala volymen och $V_{effective}$ är den effektiva volymen. Ett annat vanligt uttryck är dödzon som är den totala volymen minus den effektiva ($V_{total} - V_{effective}$).

Dispersion skall förstås som omblandning. Vid hög dispersion är omblandningen hög i vattnet. I en spårämnesfunktion syns detta genom att spridningen (variansen i funktionen) är stor, det vill säga att en del spårämne rör sig snabbt genom dammen och en del långsamt. Fick's andra lag (ekvation 3.6) definierar dispersion som både inkluderar molekylär och turbulent diffusion, men även vattnets rörelse.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = d \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (3.6)$$

x = längd i x-riktningen [m]
 d = dispersionskoefficienten [m^2/s]

Ett annat sätt att mäta dispersion är genom dispersionstalet, som är lika med ett inverterat Peclettal (ekvation 3.7). Dispersionstalet är kvoten mellan dispersionskoefficienten och den advektiva transporten.

$$Pe = \frac{1}{D} = \frac{UL}{d} \quad (3.7)$$

Pe = Peclettalet [-]
 D = dispersionstalet [-]
 U = hastighet [m/s]
 L = längd [m]

Det finns en mängd olika modeller för att beräkna dispersionstalet för vattendrag och dammar. Faktorer som längd-bredd förhållandet, geometrin, uppehållstid och djup samt vind är de faktorer som påverkar dispersionen mest.

När det gäller teorier kring hydraulisk effektivitet förstås denna ofta som en strävan efter att få det inkommande vattnet att fördelas jämt i dammens tvärsnitt (vinkelrät transportriktningen), det vill säga att hela vattenmassan utnyttjas. Ett annat sätt att uttrycka saken är att skapa en jämn hastighetsprofil, det vill säga att vattenmassorna strömmar parallellt med varandra. Denna strömsituation liknas ofta med pluggflöde, vilket i litteraturen därför ofta är den typ av flöde som eftersträvas. Den förra betraktelsen är dock mer genomtänkt då den tar hänsyn till att hela vattenvolymen skall användas. Ett pluggflöde beskriver ju bara att det är en låg nivå av omblandning (dispersion).

I slutet av 1980-talet framfördes en definition av hydraulisk effektivitet som lika med den effektiva volymkvoten, e , enligt ekvation 3.5 (Thackston m.fl. 1987). I samma studie togs också en modell fram för att beräkna effektiv volymskvot, som antas bestämmas av dammens längd (L) och bredd (W).

$$e = 0.84 \left[1 - e^{\left(-0.59 \frac{L}{W} \right)} \right] \quad (3.8)$$

Argument mot denna definition av effektivitet finns i *tank-in-series* modellen, som säger att omblandning påverkar reningen av kväve och BOD i dammar. Dessutom borde denna dispersionsfaktor också spela en roll för dagvattendammar då sedimenteringsprocessen gynnas av att en del partiklar inte går snabbt igenom systemet och att en del partiklar stannar i systemet överdrivet länge. Enligt detta resonemang förde Persson m.fl. (1999) fram att hydraulisk effektivitet för våtmarker borde ta hänsyn till dispersion. En teoretisk modell utvecklades som definierar hydraulisk effektivitet λ , enligt:

$$\lambda = e \left(1 - \frac{1}{N} \right) = \frac{t_p}{t_n} \quad (3.9)$$

Lamdafaktorn (λ) baseras här på den effektiva volymkvoten och på dispersionen uttryckt som $(1 - 1/N)$. Termen t_p beskriver den tid då spårämnesfunktionen har sitt toppvärde⁴. Termen, N , är lika med antalet celler i en tank-in-series modell (Fogler 1992) och skrivs som:

$$N = \frac{t_p^2}{\sigma^2} \quad (3.10)$$

$\sigma =$ variansen [s]

⁴ En senare studie av Persson & Wittgren (2003) som inriktade sig på kväveretention, visade dock att dispersionen enligt första ordningens kinetik (vilken är den som idag används mest) bara spelar en marginell roll när det gäller avskiljning av kväve.

4. Att mäta avskiljningseffektivitet: Provtagningsprogram

4.1 Uppföljning av dagvattendammar i allmänhet

Kunskap om reningsanläggningars effektivitet att avskilja föroreningar i dagvatten är mycket viktig, särskilt för planerare i projekteringsfasen, konstruktörer i konstruktionsprocessen och senare även för driftansvarig personal i förvaltningsfasen. Trots att dammar och våtmarker med den huvudsakliga funktionen att reducera dagvattenföroreningar nu varit i drift i mer än 15 år i Sverige har driftuppföljningar med syfte att bestämma dess långtidseffektivitet (avskiljningseffektivitet under ett år eller mer) bara gjorts i ett fåtal fall. Ett stort antal försök till undersökningar har dock genomförts i landet men huvuddelen av dessa har haft alltför begränsade ekonomiska medel och därmed felaktig utrustning samt ibland bristande kunskaper om hur dessa avskiljningsmekanismer fungerar.

En mycket viktig princip som måste gälla vid undersökningar av dammar och våtmarker är att fältmätningar genomförs med functionsenlig och tillförlitlig mätutrustning och väl genomtänkta principer för hur fältmätningarna skall genomföras. Vidare är det mycket viktigt att mätningarna i alla undersökta dammar utförs enligt samma huvudprincip och metod för att dammarnas avskiljningseffektivitet skall kunna jämföras. Det är kostsamt att genomföra fältmätningar och att analysera föroreningar på ett korrekt sätt men det är bättre att genomföra några bra mätningar i några färre antal dammar än att genomföra dåliga mätningar i många dammar.

Vid Chalmers tekniska högskola har ett flertal doktorandprojekt genomförts där dagvattendammars effektivitet har studerats både genom fältmätningar och numeriska datorsimuleringar. Fältmätningar genomförda i fyra dagvattendammar beskriver anläggningarnas effektivitet, med avseende på deras förmåga att avskilja dagvattenföroreningar under lång tid (Pettersson 1999). I arbetena beskrivs även hur dessa fältmätningar skall genomföras samt vilken mätutrustning som krävs. Datorsimuleringar av hydraulikens inverkan på avskiljningsmekanismer i olika typer av dammar har undersökts (German 2003, Adamsson 2004). Vidare har forskning gjorts för att studera sambanden mellan dammars utformning och dess hydraulik (Persson 1999, Persson 2000).

4.2 Provtagningsprogram

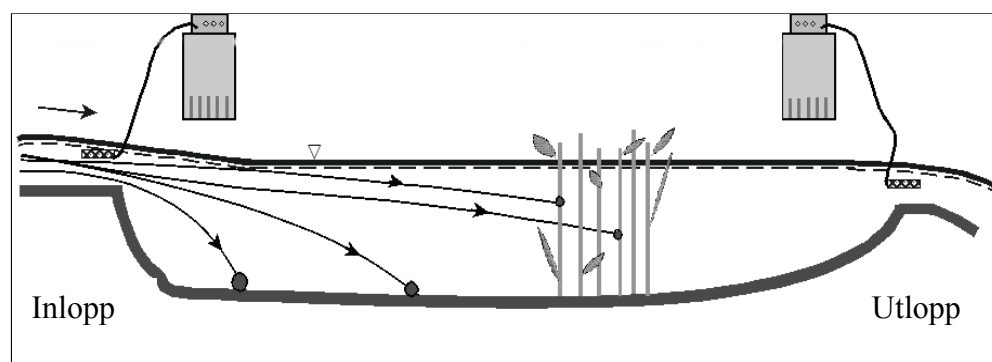
Driftuppföljningar för att bestämma dagvattendammars förmåga att avskilja föroreningar skall bestå av mätningar och analyser från ett flertal, på varandra följande, regntillfällen. I Pettersson (1999) genomfördes fältmätningar under mer än 3 månader upp till ett år för de studerade dammarna. Bestämning av dammars avskiljningseffektivitet baseras i Pettersson (1999) på en massbalansbetraktelse där massan av föroreningar in till anläggningen samt massan av föroreningar ut

från anläggningen bestäms för flera på varandra följande regntillfällen, enligt princip nummer 3 i Tabell 4.1.

Tabell 4.1 Principer för beräkning av avskiljningseffektivitet i dammar

Princip	Uttryck för beräkning av avskiljningseffektivitet
1) Stickprovsmetoden (sedimentationsbassäng)	$R = 100 (C_{in} - C_{ut}) / C_{in} \quad (\%)$
2) Massbalansmetoden (vid enstaka regntillfälle)	$R = 100 (M_{in} - M_{ut}) / M_{in} \quad (\%)$
3) Massbalansmetoden (för en serie kontinuerliga regntillfällen)	$R = 100 (\sum M_{in} - \sum M_{ut}) / \sum M_{in} \quad (\%)$

För att genomföra en beräkning av massan föroreningar vid dammens inlopp respektive utlopp måste flödesproportionell provtagning genomföras vid varje regntillfälle vid inlopp och utlopp. Detta förutsätter att det finns en automatisk vattenprovtagare och en flödesmätare installerad vid dammens inlopp respektive utlopp (se princip i Figur 4.1). Provtagning startar då ett visst förutbestämt flöde uppnås (vid regntillfällen) och avslutas då detta flöde underskrids. Under provtagningen tas delprover efter det att en viss förutbestämd vattenvolym passerat provtagningspunkten (Pettersson 1999). Det fungerar således inte att under ett regntillfälle ta ett stickprov vid inloppet och ett annat stickprov en tid senare (ofta dammens uppskattade uppehållstid) vid utloppet (princip nr.1) för att bestämma hur effektiv en damm är. Vid en genomgång av samtliga studerade dammar verkar detta tyvärr vara en vanlig missuppfattning.



Figur 4.1 Princip för provtagning i dammar med automatiska provtagare

Nedan beskrivs mer detaljerat tre olika principer för hur provtagningar brukar gå till.

Stickprovsmetoden

Den första principen (princip nummer 1) utgår ifrån att en dagvattendamm är att likställa med en sedimenteringsbassäng i ett avloppsreningsverk, där ett kontinuerligt och relativt konstant flöde av förorenat vatten rinner igenom dammen (bassängen) och där avskiljningen av partiklar endast sker i den dynamiska fasen det vill säga under den uppehållstid en kontrollvolym har i en traditionell sedimentationsbassäng. När denna princip används i dagvattendammar tas ofta ett stickprov vid inloppet och senare efter tiden T (ofta dammens uppskattade uppehållstid) tas ett motsvarande stickprov vid utloppet. Avskiljningen beräknas därefter endast på skillnaderna i föroreningskoncentration mellan inlopp och utlopp (se uttryck i Tabell 4.1). Detta förfarande kan med fördel användas då en anläggning har ett relativt konstant genomflöde av förorenat vatten, till exempel bassänger i avloppsreningsverk, dammar i processindustrin och liknande. För en normal dagvattenanläggning kan denna princip inte användas eftersom den per definition har ett intermittent inflöde av dagvatten och anläggningen under större delen av tiden (under torrperioder) inte har något inflöde, basflödet av inläckande grund- och markvatten till anslutande ledningssystem undantaget. Studier har visat att omkring 90 % av partikelavskiljningen sker under torrperioderna, det vill säga mellan regnen (Pettersson 1999). Detta gör att mätningar enligt princip nummer 1 inte kan användas för att bedöma dagvattendammars förmåga att avskilja partiklar.

Massbalansmetoden vid ett enstaka regntillfälle

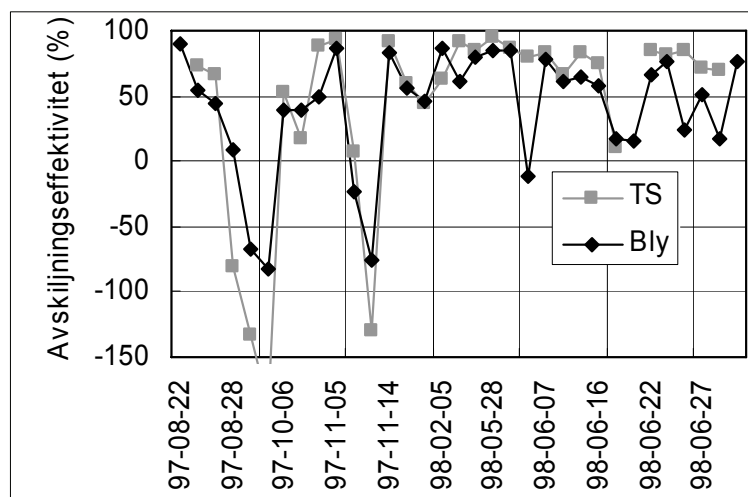
Den andra principen (princip nummer 2) bygger på en massbalansbetraktelse av inkommande och utgående föroreningar för ett enstaka regntillfälle. Denna princip förutsätter att flödesproportionell provtagning genomförs och styrs av installerade flödesmätare. En massbalans under ett regntillfälle ger information om hur stor mängd föroreningar som kommer in i anläggningen (det vill säga mängden föroreningar som spolats av från anslutna ytor i avrinningsområdet) samt hur mycket som transporterats ut från anläggningen. Om dammen är stor i förhållande till anslutet avrinningsområde kommer de flesta regntillfällen att ha en mindre avrinningsvolym än dammens vattenvolym vid torrväder. Detta innebär att den största, alternativt hela, volymen dagvatten som flödar ut ur dammen vid ett regntillfälle, är dagvatten som transporterats in i dammen vid tidigare regntillfällen. Om förhållandet är omvänt, att dammvolymer är liten i förhållande till avrinningsområdet, kommer det utgående dagvattnet till största delen bestå av samma vatten som runnit in i dammen vid det aktuella tillfället.

Eftersom nederbördsmängd, regnintensitet och torrperiodens längd varierar kraftigt mellan olika regntillfällen för en och samma damm, blir också resultaten för beräknade avskiljningseffektiviteter (beräknade enligt princip nummer 2) väldigt skiftande. Avskiljningseffektiviteten kan variera kraftigt, från i det närmaste 100 % vid små nederbördsmängder och lång torrperiod (sedan närmast

föregående regntillfälle) till att bli kraftigt negativ då vi har en kort torrperiod. Det vill säga relativt rent inkommande dagvatten från nyligen renspolade avrinningsytor och kraftigt förorenat dagvatten ut från dammen från föregående regntillfälle i dammen (se Figur 4.2).

Massbalansmetoden för en serie kontinuerliga regntillfällen

Den sista av de tre beskrivna principerna (princip nummer 3) bygger på princip nummer 2 men inkluderar flera regntillfällen (se Tabell 4.1). Denna princip är den mest korrekta eftersom den tar hänsyn till och utjämnar de skillnader i avskiljningseffektivitet som erhålls vid olika regntillfällen. Ju fler kontinuerliga regntillfällen som beräkningarna baseras på desto mer tillförlitligt blir värdet på avskiljningseffektiviteten. Vidare bör man vara medveten om årstidsvariationer om mätningarna begränsas till en viss årstid. Skillnader i avskiljningseffektivitet, för en och samma damm, vid olika årstider (till exempel skillnader mellan sommar och vinter) kan härledas till variationer i bland annat biologisk aktivitet i dammen men också till hydrologiska variationer som normalt följer årstiderna (korta och intensiva regn om sommaren och längre och lugnare regn på höst och vinter).



Figur 4.2. Varierande resultat av avskiljningseffektivitet för en och samma damm då princip 2 används vid beräkningar av flera olika regntillfällen (Pettersson 1999).

Jämförelse mellan beräkningsprinciper

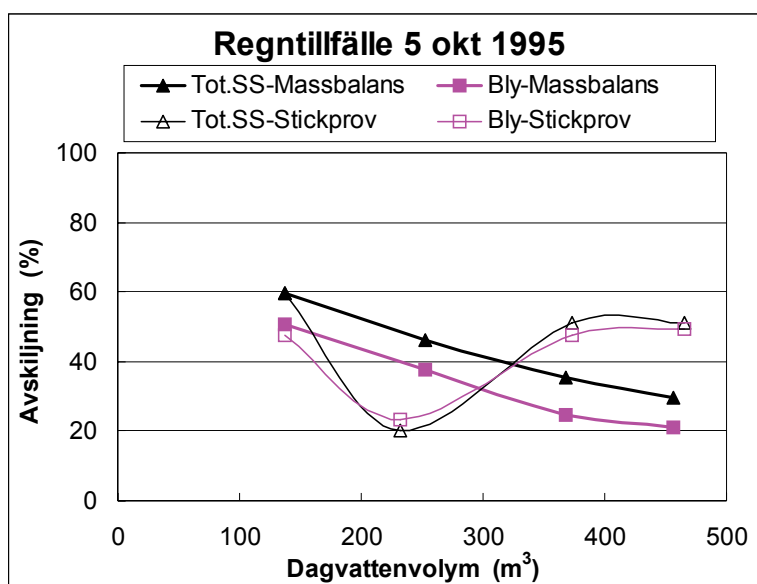
Vid en jämförelse av resultat från beräkning av avskiljningseffektiviteten med princip nummer 1 respektive princip nummer 2 för en damm vid ett och samma regntillfälle erhålls olika resultat beroende på vilken princip som tillämpas, samt vilken uppehållstid som antas. Det vill säga tiden mellan stickproven tagna vid inlopp och senare vid utloppet (se Figur 4.3). Värdena på x-axeln är mängden dagvatten som passerat dammen vid respektive provtagningstillfälle och representerar då även en tidpunkt. Beroende på när stickproven tas, det vill säga hur mycket vatten som hunnit passera dammen mellan provtagningen vid inlopp respektive utlopp, fås olika värden på avskiljningen. Dessa varierar mellan 20 och 50 % vid det studerade fallet. I fallet med princip nummer 2 visar Figur 4.2 att olika avskiljningsresultat fås vid olika regntillfällen.

4.3 Analyser i laboratorium

Följande analyser av föroreningar i dagvatten är vanligt förekommande och utförs normalt i laboratorium:

- suspenderad substans (total respektive glödningsrest)
- tungmetaller – total respektive löst halt (zink, koppar, bly, krom, nickel och kadmium)
- närsalter (kväve- och fosforföreningar)
- organiska föroreningar (till exempel PAH).

Det är viktigt att proverna analyseras efter att avrinningen upphört, de bör dock ej stå längre i provtagaren än maximalt 12 timmar.



Figur 4.3 Inverkan av olika beräkningsmetoder på skattad avskiljningseffektivitet för ett regntillfälle, här princip nummer 1 (Stickprov) och princip nummer 2 (Massbalans). Dagvattenvolymer är den mängd vatten som passerar dammen vid regntillfället. De olika avskiljningseffektiviteterna för massbalansmetoden vid detta regntillfälle är resultatet för en dagvattenvolym på 130, 230, 375 eller 460 m³)

5. Förväntad avskiljning

Som beskrivits ovan är det många olika faktorer som påverkar en damms förmåga att avskilja föroreningar. Dels är det faktorer som varierar över tiden (till exempel flöde, regnfrekvens, vegetation och pH) och dels faktorer som inte varierar (till exempel dammgeometri, avrinningsområde och magasineringskapacitet). Detta gör att dammar är synnerligen komplexa system som tillsammans med idén om multifunktionalitet, det vill säga dammen skall ha flera syften än att utjämna och rena dagvatten, medför att avskiljningseffektiviteten blir svår att bilda teorier kring, men även svår att mäta och modellera. Detta förhindrar givetvis inte att man skaffar sig kunskaper om hur systemen fungerar för att i bästa mån optimera funktionen och uppnå de mål som satts på respektive system. Däremot innebär det att osäkerheterna i teori såväl som individuella mätkampanjer är större än för system med ett mer begränsat antal involverade parametrar.

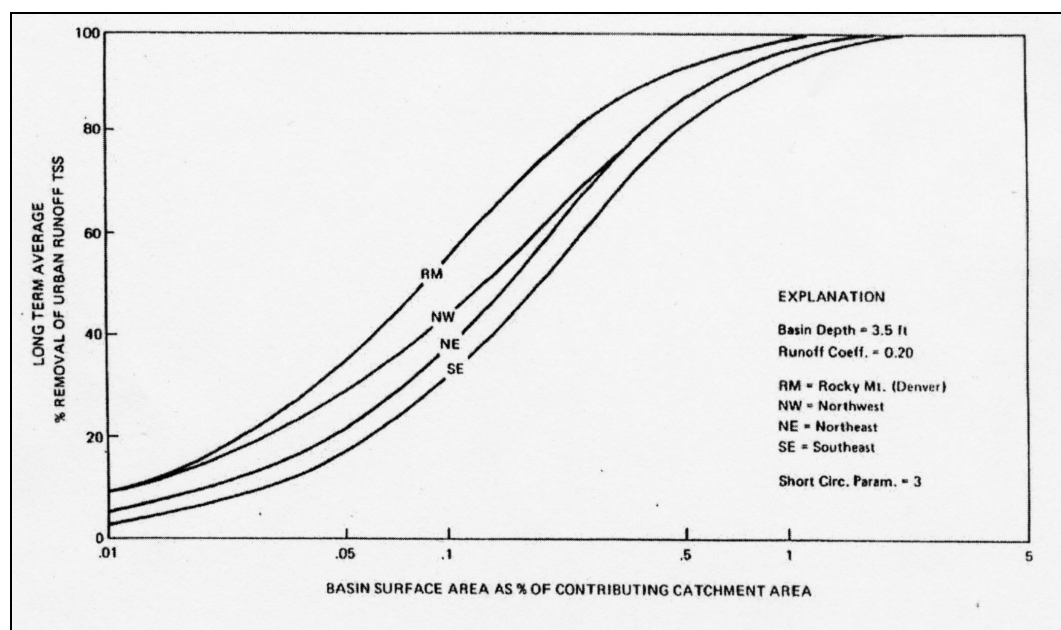
5.1 Avskiljning över lång tid

Amerikanska naturvårdverket, United States Environmental Protection Agency (US EPA) har under många år utarbetat designrekommendationer. De har även i sin databas samlat in data från många mätningar av olika dagvattensystem. I deras design guide (US EPA 2004) står det beskrivet att ett system kan uppvisa hög reduktion av föroreningar vid en hög föroreningsbelastning och en låg procentuell avskiljning i det omvända fallet. På grund av detta men även andra faktorer, menar de att deras data i bästa fall bara ger en grov bild av hur effektivt dammarna renar. Deras perspektiv är att dagvattnet primärt skall renas vid källan (åtgärder som är inriktade på det som förorenar, till exempel bilars däck, motorer eller drivmedel) och sedan att reningssystem används för att rena vattnet till en viss vattenkvalitet – inte en procentuell avskiljning.

I de fall effektiviteten skall mätas procentuellt bör dessa tal presenteras i kategorier som till exempel specifik förorening, om det är stora eller små regn, eller regns intensitet. Enligt US EPA finns det därför inget specifikt procentuellt värde på hur bra en damm renar. Eftersom avskiljningseffektiviteten varierar stort för olika regn och med olika regnfrekvens (se sektion 4.2), blir kunskap om dammens avskiljningseffektivitet över lång tid (*Long term average removal*) den intressanta parametern. Detta innebär emellertid att även en perfekt genomförd mätning under ett regn inte säger så mycket om dammens långsiktiga avskiljningsförmåga. Att genomföra provtagningar under flera regntillfällen är därför den enda lösningen.

Strecker m.fl. (2004:470) menar å andra sidan att den procentuella avskiljningen bara är en funktion av koncentrationen på ingående flöde. De menar också att det inte finns något som helst samband mellan designparametrar och effektivitet. Det senare inkluderar även parametrar som dammvolym i relation till volmen inkommande regn.

När det gäller dammens avskiljningseffektivitet över lång tid refererar US EPA (2004) till Driscoll m.fl. (1986) och Amerikanska Vägverket (Dorman 1996)⁵ till Driscoll & Eugene (1983). I båda Driscolls arbeten från 1983 och 1986, är utgångspunkten att avskiljningen över lång tid (*Long term average removal*) beräknas genom en sammanslagning av sedimentationen i dammen under regnet och tiden mellan regnen. Beräkningarna baseras på en modell bestående av regnstatistik för en ort och sedimenteringsteori. Modellen har sedan kalibrerats med regndata från 5-30 regntillfälle vid 13 olika dammar (Dorman 1996:78, 178). Som exempel visar Figur 5.1 sambandet mellan dammens area, avrinningsområdet och den långsiktiga avskiljningen för områden med låg densitet och enfamiljshus (avrinningsområdeskoefficient 0,2) där dammen i snitt har en permanent vattenvolym med medeldjupet 1 m.

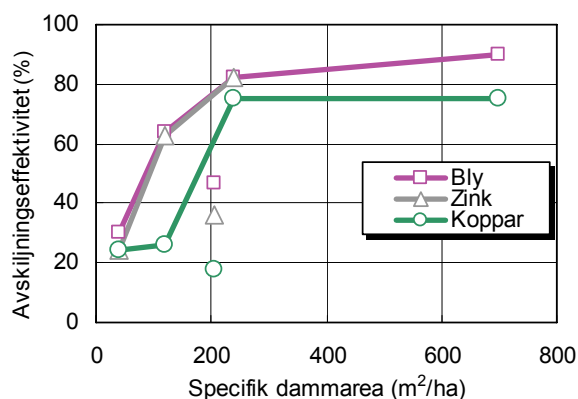


Figur 5.1 Modell för reduktion av suspenderat material i dammar med 1 m medeldjup och med avrinningsområdes koefficient 0,2, för olika områden i USA (Driscoll m.fl. 1986).

I en svensk studie visas att partikelavskiljningen i en dagvattendamm under ett normalår till mer än 90% sker mellan regntillfällena (Pettersson 1998). I en serie svenska studier mättes under 1990-talet avskiljningseffektiviteten över lång tid i fyra dagvattendammar (Pettersson 1999). Avskiljningen mättes för olika metaller såväl som för närsalter. I Figur 5.2 visas avskiljningseffektiviteten för bly, zink och koppar som en funktion av specifik dammareal. I ett arbete av Hvitfelt-Jacobson m.fl. (1994) mättes på liknande sätt avskiljningseffektiviteten för suspenderat material och fosfor, men då som en funktion av dammvolym och medelvolym på tillrinnande regn.

⁵ men även Vägverket (1998a:14-15), eftersom de hänvisar till Dorman (1988) som i sin tur hänvisar till Driscoll (1986).

I den här studien relateras avskiljningseffektiviteten till specifik dammarea. Detta görs framför allt för att denna ansats är relativt enkel att arbeta med och då lämpar sig för en första kartläggning av sambandet mellan dammhydraulik och avskiljningseffektivitet.



Figur 5.2 Avskiljning över lång tid för bly, zink och koppar, beroende på dammens specifika area.

5.2 Avgränsning av faktorer

Om vi har teorier som säger att vissa specificerade dammar har en avskiljningseffektivitet x % och vi finner en diskrepans i insamlade avskiljningsresultat. Kan vi då vara säkra på att denna diskrepans beror på hydrauliken? Förutom de avgränsningar som är gjorda till exempel genom att vi valt bort dammar med mekaniska styrsystem, har vi uteslutet ett par andra parametrar.

I Tabell 5.1 visas de hydrauliska faktorer som påverkar avskiljningen. Bland de dammar som tar emot vägdagvatten och där provtagning genomförs finns ingen stor variation med avseende på deras magasineringskapacitet eller andel vegetation. Vi antar i denna studie att föroreningsbelastningen och vattenkvalitetsparametrar inte skiljer sig i betydande grad i den omfattningen att det påverkar dammarnas avskiljningskapacitet. Det som då återstår som variabler är hydraulisk belastning och effektivitet.

Tabell 5.1 Faktorer som i huvudsak påverkar avskiljningen i dammar och våtmarker. Kryss med parentes anger att påverkan kan vara stor eller liten beroende på den lokala situationen och/eller variera med tiden.

Vad påverkar avskiljningen	Faktorer som har störst påverkan på sedimentering
Hydraulik effektivitet	X
Hydraulisk belastning (Q/A)	X
Vattenkvalitetsparametrar	
- Syrehalt	-
- Humushalt	-
- Temperatur	-
Föroreningsbelastning	(x)
Vegetation	x
Magasineringkapacitet; permanent pool	(x)

Efter att sambandet mellan avskiljningsresultat och dammarea i förhållande till avrinningsområdets hårdgjorda yta (det vill säga specifik dammarea) har klarlagts, kommer avvikelser att synas. Denna avvikelse antas då bero på en minskning av den hydrauliska effektiviteten och är ett uttryck för ineffektiv area. Den effektiva arean är således den del av dammen som aktivt deltar i avrinningen. I tabell 5.2 visas de faktorer som kan påverka hydrauliken i en damm.

Att hydraulisk effektivitet likställs med effektiv area är länkat till det teoretiska resonemang som finns beskrivit i kapitel 3, det vill säga att det antas att detta är den dominerande faktorn. Detta skall dock inte förstås som att det bara handlar om att en viss del av dammens yta är verksam, utan det skall snarare ses som att alla effekter transformeras till ytor.

I det här sammanhanget kan det tilläggas att det är en fördel att istället studera sambandet mellan dammvolym och medelvolym på tillrinnande regn. Detta beror på att man då kopplar bort den geografiska komponenten. Om man till exempel vill jämföra resultat mellan Monaco och Sverige blir det svårare om utgångspunkten är avrinningsområdets storlek, då regntillrinningen statistiskt skiljer sig geografiskt. En annan aspekt är i de fall en bräddfunktion är installerad uppströms dammens inlopp och där större flöden bräddas. Då blir det svårt att koppla sambandet avrinningsområde/dammarea till avskiljningseffektiviteten.

Tabell 5.2. Faktorer som påverkar hydrauliken i dammar och våtmarker. Kryss med parentes anger att påverkan kan vara stor eller liten beroende på den lokala situationen och/eller variera med tiden.

Vad påverkar hydraulik	Faktorer som har störst påverkan på hydrauliken
Design	
- Planutbredning (längd-bredd förhållande, svängda, flytlänsar mm)	x
- Bottens topografi (öar, profil, bankar mm)	(x)
- Placering av in- utlopp	x
- Djup	-
Vind	(x)
Hydraulisk belastning (Q/A)	(x)
Temperatur	
- vattenskiktningar i dammen	-
- inkommande vattens relativa temperatur	-
Vegetation	
- Bryta jetströmmar	-
- Kanalisera	(x)
- Sprida vatten	(x)
Djurliv	-

Detta beroende på att inte allt vatten kommer in till dammen varvid dammens avskiljningseffektivitet blir överskattad. De främsta argumenten för att använda sig av sambandet avrinningsområde/dammarea, vilket görs i denna studie, är att: 1) det blir tydligt om kopplingen görs direkt till effektiv dammarea; 2) att inga studier redovisar uppgifter på medelvolum av tillrinnande regn; och 3) att något annat inte skulle kunna genomföras inom projektets budget.

En reservation bör göras med avseende på giltigheten i Tabell 5.1 och 5.2. De bör ses utifrån en generell diskussion och baserar sig på litteratur som till exempel Kadlec & Knight (1996), Persson (1999, 2000), Pettersson (1999) och German (2003). Det bör påpekas att en del faktorer kan ha ett stort inflytande på hydrauliken medan de i andra fall spelar en mer marginell roll.

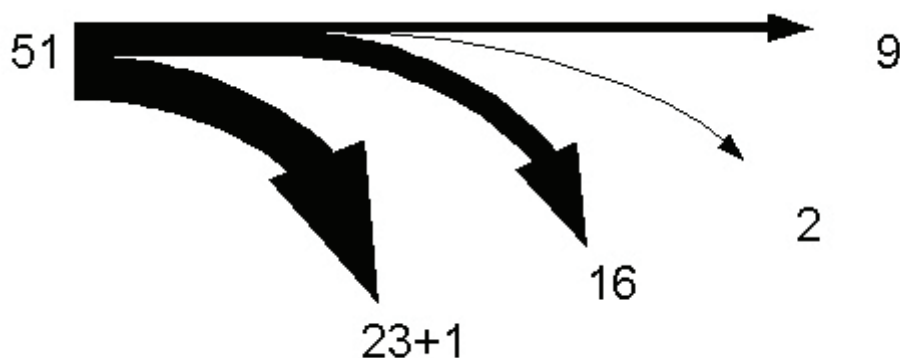
6. Resultat med diskussion

6.1 Inventering av provtagna dammar

En mer detaljerad redovisning av provtagningarnas resultat är svår om ens meningsfull att göra. Detta beror på att informationen i det skriftliga materialet oftast är mycket bristfällig och skulle innebära att ytterligare information rörande detaljer som beräkningsgång, förenklingar, antaganden med mera skulle behövas samlas in, muntligt eller skriftligt. Det centrala i studien har istället varit att sortera bort de provtagningar som antingen är rent felaktigt utförda eller innehåller för stora osäkerheter. Detta gjordes inledningsvis genom att kategorisera dammarna i 3 grupper där vattenprover tagits samt en grupp där enbart sedimentprover tagits.

1. Flödesproportionell mätning av flera kontinuerliga regn
2. Flödesproportionell mätning för enstaka regn
3. Stickprov ("*grab sampels*")
4. Sedimentprov.

Många studier som genomfört sina mätningar med stickprov har också helt korrekt angivit att det finns en stor osäkerhet i resultaten. Detta har framförallt angivits i ett antal examensarbeten där det inte funnits resurser att genomföra större mätkampanjer. Detta visar på att det funnits en medvetenhet om sedimentationsprocesser och om brister i utformningen av provtagningsprogram. Det förändrar emellertid inte det faktum att resultatet från mätningarna i princip är oanvändbara för att besvara studiens frågeställningar.



Figur 6.1 Av 51 undersökta studier av dammar framgår det att man i 9 fall studerat flera kontinuerliga regn. Enstaka regn studerades i 2 fall medan stickprov togs i 16 fall. I 23 fall togs endast sedimentprov. I ytterligare en studie hade provtagning gjorts på vattenkvaliteten, men då denna damm var utrustad med ett styrsystem kunde inte resultaten härifrån jämföras med övriga dammar. Därmed är dessa 23+1 fall inte redovisade i tabell 6.1-6.4.

Värre är det med vissa korta konsultuppdrag där stickprover tagits och där resultaten sedan använts för att dra långtgående slutsatser om dammarnas avskiljningskapacitet. Resultatet av inventeringen visade att för minst 51 dammar av de cirka 400 som anlagts (enligt SGIs inventering 2003) har genomfört någon form av provtagning⁶. I Bilaga 1 finns en komplett förtäckning över registrerade dammar. Av dessa 51 fall hade det i 27 fall tagits vattenprover på in- och utgående vatten. I 11 fall genomfördes flödesproportionell provtagning varav det i två fall skedde vid enstaka regn. I resterande 16 fall togs endast stickprover. I 23 fall togs endast sedimentprover och i 1 fall hade dammen ett styrsystem vilket gjorde att resultaten inte kan jämföras med de övriga dammarna (se Figur 6.1).

Tabell 6.1 Kategorisering av vattenprovtagningar som genomförts i 27 svenska dammar med avseende på antal mätta regn, provtagningsfrekvens och flödesmätning

Damm	Mätning av Q och halt under regnet och för <u>flera</u> regn	Mätning av Q och halt under regnet och för <u>ett</u> regn	Stickprov för ett regn		Kombination Mätningar av flera regn, samt manuell och nederbördsstyrd provtagning
			med flödesmätning	utan flödesmätning	
Kolardammen	x				
Järnbrottsdammen (stora),	x				
Järnbrottsdammen (lilla),	x				
Krubban, Gbg	x				
Bäckaslöv, Växjö	x				
Rackabjär E6:an Getinge		x			
Magle (östra)				x	
Magle (västra)				x	
Perudammarna		x			
Toftanäs			x		
Vallås V1			x		
Vallås V2			x		
NR13 Vallåkra				x	
NR24 Häljarp				x	
NR56 Klippan				x	
NR72 Simrishamn				x	
NR77 Börringe				x	
E6 söder om Falkenberg				x	
Rv 13 väster om Klippan				x	
E22 vid Karlskrona				x	
Smedstaddammen,				x	
Tornbydammen, Linköping				x	
Hackeforsdammen,				x	
Välenviken, Västra	x				
Eriksmåla, Emmaboda	x				
Vallby, Västerås					x
Årstadfältet, Stockholm	x				

⁶ Alla dessa 51 dammar är dock inte alla rena vägdagvattendammar i den bemärkelsen att de bara tar emot dagvatten från gator och torg.

För att kunna uttala sig om dammarnas avskiljningseffektivitet måste flödesproportionell provtagning för flera regn genomföras, vilket beskrivits i kapitel 5. Detta gjordes i 9 av fallen, det vill säga omkring 30%. Detta betyder att det i nära 70 % av fallen inte har använts en metodik som gjort det möjligt att säga något om dammens avskiljningskapacitet (Tabell 6.1).

Tabell 6.2 Mätta parametrar

Damm	SS TSS VSS	P-tot Fosfat-P [PO4-P] löst-P part-P	N-tot NO3-N NH4-N NO2-N	Klorid [Cl-]	Metaller Zink Koppar Bly Kadmium Krom Kvicksilver Nickel	Annan parameter Ph Alkanitet Konduktivitet Absorbans kolväten COD cr	Presentation	
							Koncentration [halt]	Mängd
Kolardammen		X		X	X		X	X
Järnbrottsdammen (stora), Gbg	X	X	X		X		X	X
Järnbrottsdammen (lilla), Gbg	X				X		X	X
Krubban, Gbg	X	X	X		X		X	X
Bäckaslöv, Växjö	X	X	X		X	X	X	X
Rackabjär E6:an Getinge	X	X	X		X	X	X	
Magle (östra)		X	X			X	X	
Magle (västra)		X	X			X	X	
Perudammarna	X	X	X		X		X	X
Toftanäs		X	X		X	X	X	(X)
Vallås V1	X	X	X		X	X	X	X
Vallås V2	X	X	X		X	X	X	X
NR13 Vallåkra	X	X	X		X	X	X	
NR24 Häljarp	X	X	X		X	X	X	
NR56 Klippan	X	X	X		X	X	X	
NR72 Simrishamn	X	X	X		X	X	X	
NR77 Börringe	X	X	X		X	X	X	
E6 söder om Falkenberg	X		X	X	X	X	X	
Rv 13 väster om Klippan	X		X	X	X	X	X	
E22 vid Karlskrona	X		X	X	X	X	X	
Smedstaddammen, Linköping		X	X		X	X	X	
Tornbydammen, Linköping		X	X		X	X	X	
Hackeforsdammen, Linköping		X	X		X	X	X	
Välenviken, Västra Frölunda	X	X	X	X	X	X	X	X
Eriksmåla, Emmaboda	X	X	X		X		X	X
Vallby, Västerås	X	X	X		X	X	X	X
Årstadfältet,	X	X	X		X	X	X	

Genomgående för huvudparten av studierna var att metallinnehåll analyserades i dagvattnet, se Tabell 6.2. Framförallt mättes bly, koppar, zink, kadmium, krom, kvicksilver och nickel. Suspenderat material, total-fosfor (men även olika fosfatföreningar) och total-kväve (inklusive nitrat och nitrit i en del fall) mättes också ofta. Däremot analyserades klorid i enbart 5 av totalt 27 fall. Anmärkningsvärt var att det i bara 12 fall av 27 angavs resultat i mängder (i Toftanäs presenterades närsalter i mängder och tungmetaller i halter). Uppgifter om halter är intressant i det fall det skall klarläggas i vilken mån vattenmiljön är toxisk för till exempel fisk, fågel eller amfibier. Skall kunskap om dammens avskiljningsförmåga tas fram måste mätningarna baseras på mängder.

Tabell 6.3 Metoder som använts för flödesmätning i de 27 studerade dammarna

Damm	Skibord, mätträna eller V/H mätare	Mouse	Hink, Flygel eller Pegel	Nederbörd	Optiskt uppskattning	Ingen mätning
Kolardammen	X					
Järnbrottsdammen (stora), Gbg	X					
Järnbrottsdammen (lilla), Gbg	X					
Krubban, Gbg	X					
Bäckaslöv, Växjö	X					
Rackabjär E6:an Getinge			X			
Magle (östra)						X
Magle (västra)						X
Perudammarna			X			
Toftanäs	X					
Vallås V1		X				
Vallås V2		X				
NR13 Vallåkra					0 l/s	
NR24 Häljarp					0 l/s	
NR56 Klippan					0 till 1 l/s	
NR72 Simrishamn					0,1 l/s	
NR77 Börringe					0 l/s	
E6 söder om Falkenberg						X
Rv 13 väster om Klippan						X
E22 vid Karlskrona						X
Smedstaddammen, Linköping						X
Tornbydammen, Linköping						X
Hackeforsdammen, Linköping						X
Välenviken, V. Frölunda	X					
Eriksmåla, Emmaboda	X					
Vallby, Västerås				X		
Årstadfältet, Stockholm	X					

I 13 av de 27 fall där det tagits vattenprover saknades mätning av flöde, se Tabell 6.3. Detta är anmärkningsvärt eftersom flödesmätningar behövs för att kunna beräkna föroreningsmängderna ut och in ur dammen för att man därmed ska ha möjlighet att säga något om avskiljningskapaciteten. Bland dessa 13 inkluderas en studie på 5 dammar i Skåne där flödet optiskt uppskattats till noll eller nära noll. Möjligen har det antagits att mätningar av flöde är onödigt då det ligger nära noll, men ur reningssynpunkt kan dessa resultat inte säga något som helst om dammarnas avskiljningskapacitet eller funktion. I två fall har hink, flygel eller pegel använts och i ett fall användes uppgifter om nederbörd. I dessa tre fall är flödesmätning möjlig, dock med begränsad noggrannhet. I resterande elva fall har det använts skibord, mätränna, V/H-mätare eller kalibrerade simuleringar i Mouse (datorprogram för kanalströmning) vilka samtliga ger acceptabel noggrannhet.

Det visar sig att det i bara 9 fall av 27 använts en metodik som möjliggör bedömning av en damms avskiljningskapacitet. Om man till detta tar bort Årstadsfältet (SWEKO VIAK 2005) där det varit stora problem med att genomföra provtagningen återstår bara 8 av 27 undersökningar som har tillräckligt bra förutsättningar att kunna representera godtagbara data. Resultaten från studien i Årstadsfältet skall inte förkastas, men med hänvisning till alla osäkerheter har vi valt att inte inkludera dessa resultat i denna rapport.

Koppling mellan syfte och provtagningsstrategi för samtliga dammar

Vid en genomgång av de uppställda syftena för samtliga 27 undersökningar som vi gått igenom visar det sig att samtliga var avsedda att säga något om dammarnas avskiljningskapacitet med undantag för tre dammar där det bara redovisats provtagningsresultat (se Tabell 6.4). Om undersökningarna haft till syfte att undersöka vattenkvaliteten till exempel att bedöma dess toxiska effekter på växt och djurliv hade det inte varit några problem. Det är däremot vår bedömning att man i 16 fall av 24 inte kunnat uppfylla sitt syfte på grund av att man valt fel flödesmätningssätt och/eller valt fel provtagningsmetod eller att man inte kunnat genomföra provtagningen på ett tillfredsställande sätt. Detta är speciellt allvarligt då anlitate konsulter genomfört provtagning bristfälligt.

Tabell 6.4 Angivet syfte med rapporten/artikel, samt om arbetet syftat till att undersöka avskiljningskapacitet.

Damm	Syfte
Kolardammen	”Syftet [med provtagningen] är att beräkna anläggningens effektivitet samt funktion.” (SWECO 2003:2) ”Funktionen i anläggningen har studerats genom flödesstyrd provtagning på inkommande och utgående vatten enligt upprättat kontrollprogram. Kontrollprogrammets syfte är att möjliggöra beräkningar av Kolardammens effekt på föroreningarna som via Fnyskdiket transporteras med dagvattnet till Albysjön. [sic.]” (SWECO 2003:6)
Stora Järnbrotts-dammen, Göteborg	“The aim of this study was to investigate the long term removal efficiency of pollutants for...” (Pettersson m.fl. 1999:866)
Lilla Järnbrotts-dammen, Göteborg	”The aim of this study was to investigate the removal efficiency of pollution in...” (Pettersson 1998:116)
Krubban, Gbg	“The aim of this study was to investigate the long term removal efficiency of pollutants for...” (Pettersson m.fl. 1999)
Bäckaslöv, Växjö	Syftet med rapporten framgår ej, men man kan gissa att det hänger ihop med följande formulering: ”Under de fyra år som anläggningen varit i drift har dagvattnets föroreningsinnehåll analyseras” (Tekniska förvaltningen, Växjö 1998:III)
Rackabjär E6:an Getinge	Huvudsyftet med rapporten är att redovisa miljöåtgärder och syftet med dammstudien var att ”undersöka våtmarkens förmåga att avskilja föroreningar i dagvattnet samt att studera dess hydrologi” (Vägverket 1998b:40).
Magle (östra)	Inget syfte finns angivet, men redovisningen av deras mätningar visar på att de gjort mätningar på in- och utgående vatten. (Hässleholms Kommun 1998)
Magle (västra)	samma som föregående
Perudammarna	”Syftet med detta arbete är att göra en utvärdering av en serie dagvattendammar...” och ”Avsikten är att få en bild av hur mycket föroreningar som reduceras i dammarna.” (Haugan 2002:6)
Toftanäs	Att studera: ”1) reduktion av närsalter och tungmetaller, 2) utveckling av växt- och djursamhällen.” (Hammer, m.fl. 1996:1)
Vallås V1	”Den här rapporten beskriver arbetet med ekologisk dagvattenhantering (ED) i Halmstad kommun, med resultat från de undersökningar som gjorts...” (VA-Forsk 2002:III). Inget syfte finns specifikt angivet som inkluderar att studien syftar till att undersöka våtmarkens förmåga att avskilja föroreningar, men redovisningen av deras mätningar visar på att så borde vara fallet.
Vallås V2	samma som föregående
NR13 Vallåkra	”Syftet är att utvärdera dammarnas nuvarande tillstånd, funktion och eventuella behov av skötselåtgärder samt undersöka vilka behov av förbättringar det finns i framtida anläggningar.” (Naturvårdsingenjörerna 2004:4)
NR24 Häljarp	samma som föregående
NR56 Klippan	samma som föregående
NR72 Simrishamn	samma som föregående
NR77 Börringe	samma som föregående

E6 söder om Falkenberg	”Three wet ponds in southern Sweden have been investigated concerning treatment efficiency for road runoff.”(Lundberg, m.fl. 1999:1)
Rv 13 väster om Klippan	samma som föregående
E22 vid Karlskrona	samma som föregående
Smedstaddammen, Linköping	*)
Tornbydammen, Linköping	*)
Hackeforsdammen Linköping	*)
Välenviken, Västra Frölunda	“The aim of this study was to investigate the Välenviken ponds efficiency in improving stormwater quality and, to some extent, study the conditions that affect this efficiency” (Monteiro, 2005)
Eriksmåla, Emmaboda	”This paper basically presents water concentration figures for nitrogen, phosphorus, and metals and the flows of these parameters. This will enable calculations of the pollution reduction over the investigated period...” (Herrmann & Pettersson n.d.: 3)
Vallby, Västerås	“...a constructed wetland has been investigated according to storm water quality improvement...” (Färm & Waara2003:1)
Årstadfältet, Stockholm	Det är inte helt klart vad studien syftar till. Men man kan utläsa att: ”...anläggningens funktion har studerats.” (SWEKO VIAK 2005:2) och ”...att SWEKO Viak AB har fått i uppdrag...att utvärdera resultaten från de genomförda undersökningarna.” (SWEKO VIAK 2005:4)

*) Endast provtagningsresultat finns redovisade.

6.2 Reduktion av suspenderat material och tungmetaller

Vid en närmare studie av resultaten av genomförda provtagningsprogram i denna inventering visar dels att de undersökta dammarna är en heterogen grupp där både dammarea och kvoten mellan dammarea och avrinningsområdets hårdgjorda yta (så kallad specifik dammarea) varierar, dels att den procentuella avskiljningen varierar mellan dammarna (Tabell 6.5a, b och c). I Figur 6.2 visas avskiljningseffekten som en funktion av den specifika dammarean. Resultaten gäller för avskiljningen under en lång period för: suspenderat material (TSS), bly (Pb), kadmium (Cd), Koppar (Cu) och Zink (Zn). De preliminära resultaten ger dock en nedslående bild över möjligheten att fastställa sambandet mellan avskiljning och specifik dammarea. I princip visar inventeringen att dammar med olika specifika dammytor ger såväl dåliga som bra resultat. Som beskrivits i kapitel 2 och 5 måste en rad andra faktorer ha en stor påverkan på avskiljningen. Nedan kommer det att beröras i vilken utsträckning hydraulik är en av dessa parametrar.

Tabell 6.5a Storlek på damm och avrinningsområde.

Damm	Antal dammar	Dammarea A_d [m ²]	Avrinningsområde ϕA [ha]	$A_d/\phi A$ [m ² /ha]
Kolardammen	2	15 000 ¹⁾	208 ¹⁾	72
Stora Järnbrottsdammen	1	6 200	123 ²⁾	50 ²⁾
Lilla Järnbrottsdammen	1	530	2.6	204
Krubban (mellan P1-P2)	1	4 100	17	241
Krubban (mellan P1-P3)	3	11 800	17	694
Bäckaslöv	1	18 000	140	129
Välenviken	1	2 000	60	33
Eriksmåla	3	160	1.0	160
Vallby	1	200	4.3	46

¹⁾ Muntliga uppgifter från Thomas Lagerwall 051111

²⁾ Enligt detta antagande reduceras avrinningsområdets yta schablonmässigt med 77% eftersom 23% av den årliga tillflödesvolymen bräddas innan det går in i dammen. Ett sätt att undvika detta utvärderingsproblem är att räkna med flöde in i förhållande till dammens volym, men i vårt fall blir det då inte möjligt att placera in dammens resultat i en funktion av typen *avskiljning=f(specifik dammarea)*.

Tabell 6.5b Avskiljningsresultat för dammar med godtagbara provtagnings-resultat.

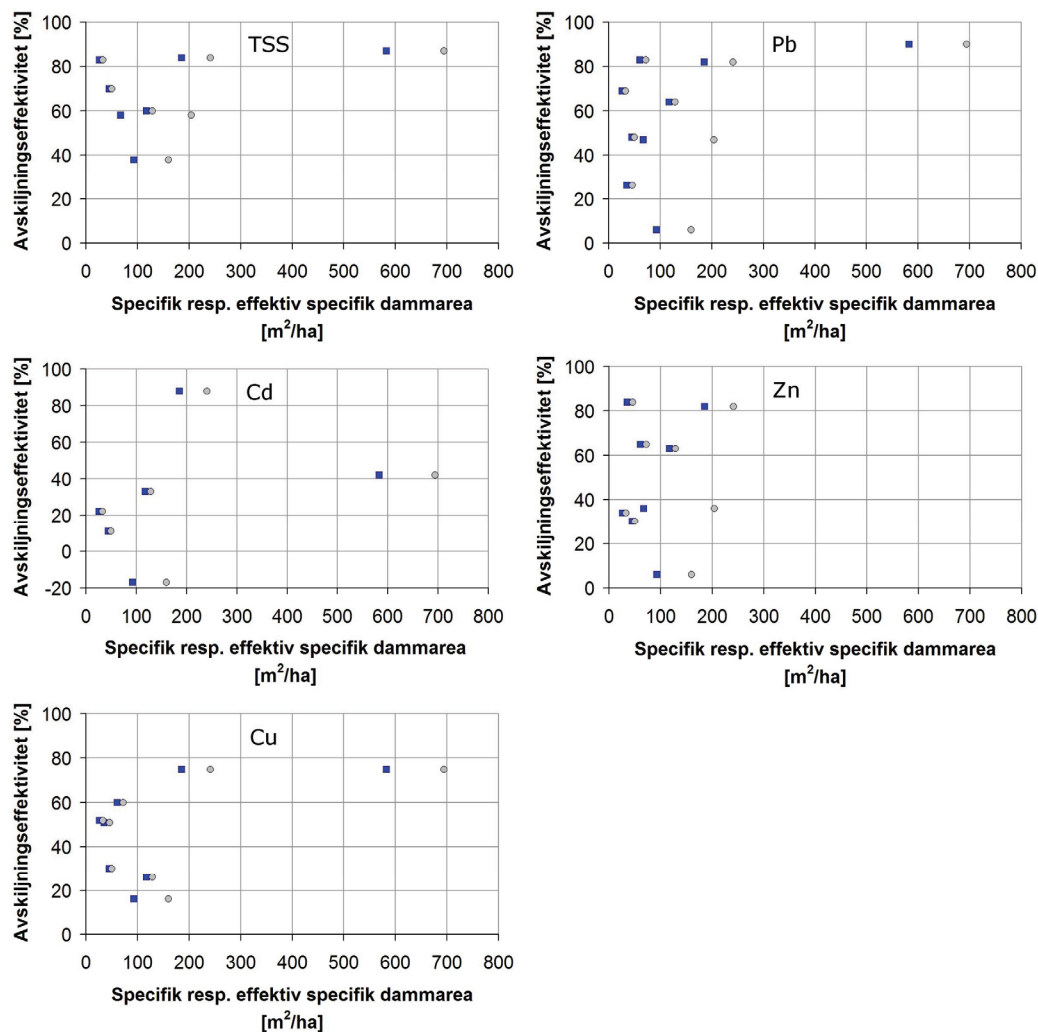
Damm	TSS [%]	Zn [%]	Pb [%]	Cd [%]	Cu [%]
Kolardammen	-	65	83	-	60
Stora Järnbrottsdammen	70	30	48	11	30
Lilla Järnbrottsdammen	58	36	47	-	-
Krubban (mellan P1-P2)	84	82	82	88	75
Krubban (mellan P1-P3)	87	-	90	42	75
Bäckaslöv	60	63	64	33	26
Välenviken	83	34	69	22	52
Eriksmåla	38	6	6	-17	16
Vallby	-	84	26	-	51

Tabell 6.5c Mätperiod och antal mätta regntillfälle.

Damm	Antal regntillfälle	Mätperiod
Kolardammen	-	april – okt. 2002
Stora Järnbrottsdammen	65	juli 1997 – juni 1998
Lilla Järnbrottsdammen	20 ³⁾	juli 1995 – juni 1996
Krubban (P1-P2)	13	maj 1998 – juli 1998
Krubban (P1-P3)	6	maj 1998 – juli 1998
Bäckaslöv	-	juni – nov 1997
Välenviken	6	11 juni – 23 juni 2004
Eriksmåla	(15) ⁴⁾	juni 2000 – sep.2001
Vallby	15	1999 – 2000

³⁾ Varav metaller mättes vid 10 regntillfällen.

⁴⁾ Antal tömningar av provtagare.



Figur 6.2 Avskiljningseffektivitet av TSS, Pb, Cd, Zn och Cu. De cirkulära markörerna visar den specifika dammarean som okorrigerad, medan fyrkanterna som förskjutits horisontellt innebär att arean har korrigerats så att enbart den effektiva volymen i dammen räknas (det vill säga effektiv specifik dammare).

6.3 Dammhydraulik

I denna studie antas den hydrauliska effektiviteten vara lika med den effektiva volymkvoten, det vill säga den uppmätta (eller modellerade) medeluppehållstiden för vattnet i relation till den nominella uppehållstiden enligt ekvation 3.2 och 3.5. Med andra ord visar detta hur stor andel av ytan och volymen som är verksam. I arbetet med att fastställa dammarnas hydrauliska effektivitet har spårämnesförsök i fält eftersträvat. I de fall det inte gjorts fältmätningar har resultat från datasimulerade spårämnesförsök använts. Detta är den bästa ersättningen till fältmätningar. Det skall dock tilläggas att alla okalibrerade datasimuleringar innehåller osäkerheter. Vidare finns det publicerad (Walker 1996) och opublicerad forskning som visar på att hydrauliken i form av strömningsmönster i vissa fall kan ändras med avseende på hydraulisk belastning

(det vill säga med varierande flöde). Hur detta samband ser ut är dock ännu oklart och har därför inte tagits med i denna studie. Principen skulle dock vara att en högre effektivitet fås vid höga flöden medan en ökad kanalisering innefattande en lägre effektivitet uppträder vid lägre flöden. I de fall det varken funnits spårämnesförsök uppmätta i fält eller datorsimulerade sådana har Thackstons ekvation använts (ekvation 3.8). Detta kan antas vara rimligt om dammen inte har en komplicerad form som till exempel dammen i Eriksmåla.

Tabell 6.6 Effektiv volymskvot för undersökta dammar.

Damm	e [%] Spårämnesstudier i fält	e [%] Simulerade spårämnesstudier	e [%] Ekvation 3.8
Kolardammen			84
Stora Järnbrottsdammen	90 ^{1), 2)}		
Lilla Järnbrottsdammen			33
Krubban (P1-P2)		- ³⁾	77
Krubban (P1-P3)		- ³⁾	84
Bäckaslöv		91 ⁴⁾	
Välenviken			80
Eriksmåla			60 ⁵⁾
Vallby			77

¹⁾ Beräknat utifrån ej publicerat material på RTD- och flödefunktion (se Opublicerat material).

²⁾ Värdet verkar vara i storleksordningen 10 % större än vad som skulle kunna förväntas. Detta kan bero på att den hydrauliska belastningen var mycket hög vid mättillfället.

³⁾ Spårämnessimuleringar gjordes. Dessvärre har data försvunnit vilket gör att det idag inte finns kompletta RTD-kurvor (se Opublicerat material).

⁴⁾ Se Opublicerat material.

⁵⁾ Antaget värde med en stor osäkerhet då Thackstons ekvation inte gäller för parallella dammar.

6.4 Relation mellan avskiljningseffektivitet och effektiv specifik dammarea

Ovan kan det fastslås att det inte går att se ett samband mellan avskiljning och specifik dammarea. Om man däremot korregerar värdena på ytorna så att bara den effektiva delen tas med blir bilden över ett möjligt samband bättre, men ändå inte tillräckligt bra för att kunna fastställas. I figuren 6.2 visas både avskiljningseffektiviteten för de okorrigerade och de korrigerade areorna. Genom att det är speciellt dammar med en hög specifik dammarea och dålig avskiljningseffektivitet som förskjuts kan man se att bilden går mot det samband som beskrivits i Figur 5.2. Se till exempel i nedre vänstra kvadranten i samtliga figurer. Detta visar att arean och därmed hydrauliken spelar en roll.

Det är tydligt att en större specifik dammarea ger en högre avskiljningseffektivitet. Om man till exempel utgår från en specifik area på 100 m²/ha, visar det sig att dammar med en effektiv specifik area som överstiger 100 m²/ha har 24

till 920 % större föroreningsavskiljning⁷. Det kan dock tilläggas att ett annat värde än 100 m²/ha (till exempel 80 m²/ha) skulle ge andra skillnader.

6.5 Avslutande diskussion

De två frågor som låg till grund för studien kan bara delvis besvaras. När det gäller i vilken omfattning hydrauliken påverkar dammens förmåga att avskilja föroreningar (avskiljningseffektivitet) visade det sig att detta samband inte går att fastställa. Detta beror dels på att få tillfredsställande mätningar har gjorts och dels på att frågan är komplex i och med att många faktorer påverkar avskiljningen i en damm. Avgränsningen i denna rapport var att studera dammhydrauliken som en parameter. Resultaten visar dock att endast hydrauliska korrigeringar inte kan lösa problemet med att fastställa ett samband på specifik dammarean och avskiljningseffektivitet, detta förutsatt att inga större felkällor finns i mätningar eller i laboratorieanalyserna. En kvalificerad gissning är att det senare är relativt orimligt med tanke på den noggrannhet som är standard vid våra certifierade laboratorier. Däremot är det högst troligt att det kan uppstå många fel i samband med provtagningen med avseende på flödesmätning, slarv vid hanteringen av vattenprover, tekniska fel på provtagaren (frost, bristande kontroll med mera).

Resultaten stödjer emellertid tumregeln att dammar bör ha en *specifik area* runt cirka 200-250 m²/ha (Pettersson 1999). Enstaka resultat visar dock att dammar med specifik area under 100 m²/ha också kan ha en hög avskiljningskapacitet. I de fall man endast räknar med den verkliga dammarean som inte innehåller döda zoner eller större recirkulationszoner kan denna rekommendation även uttryckas som att *effektiv specifik area* bör vara större än 100-150 m²/ha. Resultaten visar tydligt att hydrauliken spelar en stor roll. Däremot kan denna studie inte tydligt visa på i vilken omfattning. Vad som också kan sägas är att om den specifika arean är större än 300 m²/ha, spelar dammens hydrauliska effektivitet i princip ingen roll då systemet redan är överdimensionerat. Exempelvis skulle en damm med en specifik area på 300 m²/ha ha en hög avskiljningsförmåga även om den effektiva volymen bara var 50 %. Detta skulle då motsvara en damm med en effektiv specifik area på 150 m²/ha. Är den däremot mindre gäller det omvända, det vill säga att utformning och hydraulik har betydelse.

Den andra frågan som ställdes var vid vilken hydraulisk effektivitet som avskiljningseffektivitet kommer att bli väsentligt lägre. Det visade sig att denna fråga är felaktigt ställd. Snarare är det så att det är storleken på den specifika arean som avgör om hydrauliken *kan* spela någon roll. Det är med andra ord inte så att det automatiskt blir en dålig avskiljning bara därför att dammhydrauliken är dålig. Dammhydrauliken kan bara mer eller mindre minska den specifika arean och om denna är tillräckligt stor kommer den effektiva specifika arean att överstiga ett värde på 100-150 m²/ha.

⁷ Beräknat för olika ämnen i dammar med större eller mindre specifik area än 100 m²/ha där 24 % gäller för TSS och 920 % för Cd.

7. Slutsatser

Slutsats 1. Provtagningen av dagvatten är bristfällig och bör förbättras genom bättre kompetens hos beställare och utförare. Flertalet mätningar av dagvattendammarns funktion med avseende på avskiljning är felaktigt utförda. Av de 27 dammar som undersökts höll bara 8 stycken en så hög kvalitet att resultaten kunnat användas för att till exempel kvantifiera en damms avskiljningseffektivitet.

Rekommendation	En enkel kvalitetshöjande åtgärd är att låta en oberoende expert granska provtagningsprogram och tolkning av resultaten. Denna ”3:e part” kan utgöras av en konsult eller forskare inom eller utanför Vägverket.
-----------------------	--

Slutsats 2. Det finns en liten mängd användbar data över dammars föroreningsavskiljning och hydraulik. På grund av att en del mätningar är av så dålig kvalitet att resultaten är direkt felaktigt eller innehåller stora osäkerheter (det vill säga slutsats 1), kan många resultat inte användas för att föra forskningen framåt. När det gäller data över dammhydraulik är det ännu värre ställt. I Sverige finns bara ett fall där man samtidigt genomfört provtagning av föroreningsavskiljning och spårämnesförsök i fält.

Rekommendation	Det är mycket kostsamt att genomföra korrekta provtagningar av dagvattendammar. Det är därför bättre om resurser samlas för att genomföra korrekta provtagningar snarare än till exempel många stickprovsmätningar.
-----------------------	---

Slutsats 3. Sambandet mellan avskiljning och dammens specifika dammarea är oklar. Det är mycket svårt att fastställa tydliga samband mellan avskiljningseffektivitet och dammens specifika area såväl som dammhydraulikens inverkan. Detta beror troligen på att många faktorer förutom specifik dammarea och hydraulik har betydelse för avskiljningskapaciteten.

Rekommendation	Mer forskning behövs. Ett alternativt ställningstagande är att övergå till att bara mäta halter i syfte att avgöra vattnets ecotoxitet och därmed ge upp ambitionen att få fram ett tydligt samband kring avskiljningskapacitet.
-----------------------	--

Slutsats 4. Dammens specifika area och hydraulik spelar en stor roll för avskiljningen. Det är uppenbart att både den specifika dammarean men även dammhydrauliken spelar en stor roll för i vilken mån dagvatten renas. Resultaten visar att dammar med låg effektiv specifik dammarea kan uppvisa både hög såväl som låg avskiljningseffektivitet. Däremot visade det sig att dammar med hög effektiv specifik dammarea entydigt uppvisade en hög avskiljningseffektivitet.

Rekommendation	Det är viktigt att dammen inte underdimensioneras, men också viktigt att dammarnas form granskas med avseende på hydraulisk effektivitet. Alla dammritningar bör ses över med avseende på dammhydraulik för att undvika att alltför dåliga konstruktioner realiserar.
-----------------------	---

Referenser

Adamsson, Å. (2004). *Three-Dimensional Simulation and Physical Modelling of Flows in Detention tanks*. PhD thesis, Department of Water Environment and Transport, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

Barrett, K.R. (1996). *Two-dimensional modeling of flow and transport in treatment wetlands: development and testing of a new method for wetland design and analysis*. PhD thesis, Northwestern University, USA.

Bergström, M. & Janson, D. (2002). *Dagvattendammar i region Mälardalen: Inventering och provtagning av sediment längs befintliga vägar*. Examensarbete vid Mälardalens Högskola, Västerås. Inst. för Samhällsteknik. Västerås 2002-08-21.

Driscoll, E.D. & Eugene, D. (1983). Performance of Detention Basins for Control of Urban Runoff Quality. *International Symposium on Urban Hydrology, Hydraulics and Sediment Control*, University of Kentucky.

Driscoll, E.D., DiToro, D., Gaboury, D. & Shelly, P. (1986). *Methodology for Analysis of Detention Basins for Control of Urban Runoff Quality*. EPA, Washington, DC, Report No. EPA 440/5-87-01 (NTIS No. PB(-116562).

Dorman, M.E., Hartigan, J.P., Steg, R.F., & Quasebarth T.F. (1996). *Retention, detention and overland flow for pollutant removal from highway stormwater runoff*. Volume I & II. Publication No. FHWA-RD-96-095. November 1996. US Department of Transportation. Federal Highway Administration. Springfield, Virginia.

Dorman, M.E., Hartigan, J.P., Johnson, F. & Maestri, B. (1988). *Retention, detention and overland flow for pollutant removal from highway stormwater runoff*. Publication No. FHWA-RD-87-056. US Department of Transportation. Federal Highway Administration. Springfield, Virginia.

Engström, M. (1998). *Bäckaslövs våtmark - Kontroll och uppföljning*. Tekniska förvaltningen, Växjö kommun 1998-10-30.

Fogler, H.S. (1992). *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 2nd Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Funelöv, C. & Nerf, E. (2003). *Reiningseffektivitet i väg dagvattendammar utefter E18/E20 i region Mälardalen*. Examensarbete vid Mälardalens Högskola, Västerås. Inst. för Samhällsteknik. Västerås 2003-10-08.

Färm C. & Waara S. (2003). Treatment of Stormwater Using a Detention Pond and Constructed Filters. In *Constructed Filters and Detention Ponds for Metal*

Reduction in Storm Water. PhD thesis, 2003 No. 4. Department of Public technology, Mälardalens University, Sweden.

German, J. (2003). *Reducing Stormwater Pollution*. PhD thesis, Department of Water Environment and Transport, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

German, J., Jansons, K., Svensson, G., Karlsson, D. & Gustavsson L.-G. (2005). Modelling of different measures for improving removal in a stormwater pond. *Water Science & Technology*. Vol. 52:5, pp105-112.

Haugan, A. (2002). *Dagvattendammars reningseffekt: en diskussion om värderingsmetoder med exempel från Västervik*. Examensarbete vid Inst. för tematisk utbildning och forskning. Linköpings universitet.

Hässleholms Kommun (1998). *Dagvattendammar i Hässleholm. Beskrivning och redovisning av mätresultat 1997*. 1998-01-06 Gatukontorets laboratorium. Per-Åke Nilsson.

Hvitfelt-Jacobson, T., Johansen, N.B. & Yousef, Y.A. (1994). Treatment systems for urban and highway run-off in Denmark. *The Science of the Total Environment*, 146/147, pp. 499-506.

Jakobsson, A., Pettersson T. J. R, och Strömvall. A-M. (2006). Tungmetaller och PAH i ett efterbehandlingssystem för vägdagvatten i Gårda. Vägverket, Publikation 2006:30.

Kadlec, R.H. & Knight, R.L. (1996). *Treatment Wetlands*. CRC Press/Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

Koskiaho, J. (2003). Flow velocity retardation and sediment retardation in two constructed wetland-ponds. *J. of Ecological Engineering*, Vol. 19, pp. 325-337.

Larm, T. (2000). *Utformning och dimensionering av dagvattenreningsanläggningar*. VA-forsk rapport 2000:10.

Leonard, L., A. Hine, & M. Luther. (1995). Surficial sediment transport and deposition processes in a *Juncus roemerianus* marsh, West-central Florida. *J. Coastal Res.*, Vol. 11:2, pp. 322-336.

Lopez, F., & Garzia, M. (1998). Open-channel flow through simulated vegetation: Suspended sediment transport modeling. *Water Resour. Res.*, Vol. 34:9, pp. 2341-2392.

Lundberg, K., Carling, M., & Lindmark, P. (1999). Treatment of highway runoff: a study of three detention ponds. *The Science of the Total Environment*, 235, pp. 363-365.

Lundberg, K. & Lindmark, P. (1994). *Rening av vägdagvatten*. Statens Geotekniska institut, Rapportserie SGI Vägledning, Linköping.

MWCOG (1992). *Design of Stormwater Wetland System: Guidelines for Creating Diverse and Effective Stormwater Wetland Systems in the Mid-Atlantic Region*. The Metropolitan Washington Council of Government. Publication No. 92710. October 1992.

Marsalek, J., Kirshnappan, B. G., Watt, W. E., & Anderson, B. C. (1998). Size Distribution of Suspended Sediments in an On-Stream Stormwater Management Pond. Proceedings of the *3rd international conference on innovative technologies in urban storm drainage*; May 4-6; Novatech, Lyon, France; vol 1, pp. 543-550.

Naturvårdsingenjörerna (2004). *Utvärdering av fem vägdagvattendammar i Skåne*. Rapport. Vägverket, Region Skåne. 2004-01-30.

Persson, J. (1999). *Hydraulic Efficiency in Pond Design*. PhD thesis, Rapport A:30, Department of Hydraulics, Chalmers, Sweden.

Persson, J. (2000). The Hydraulic Performance of Ponds of Various Layouts, *J. of Urban Water*, Vol. 2/3, pp. 243-250.

Persson, J., Somes, N.L.G. and Wong, T.H.F. (1999). Hydraulic Efficiency of Constructed Wetlands and Ponds. *Water Science and Technology*, Vol. 40:3, pp. 291-299.

Persson, J. & Wittgren, H.B. (2003). How hydrological and hydraulic conditions affect performance of treatment wetlands. *Ecological Engineering*, Vol. 21, pp 259-269.

Pettersson, T.J.R. (1998). Water quality Improvement in a Small Stormwater Detention Pond. *Water Science and Technology*, 38:19, pp. 115-122. (även publicerad i Pettersson (1999))

Pettersson, T.J.R. (1999). *Stormwater Ponds for Pollution Reduction*. PhD thesis, Department of Sanitary Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

Pettersson, T.J.R., German, J. & Svensson, G. (1999). Pollutant removal efficiency in two stormwater ponds in Sweden. Proceedings of the *8th International Conference on Urban Storm Drainage*; August 30-September 3; Sydney, Australia. pp. 866-873. (även publicerad i Pettersson (1999))

Pettersson T.J.R. & Svensson, G. (1998). Particle removal in detention ponds modelled for a year of successive rain events, *Proceedings of the 3rd international conference on innovative technologies in urban storm drainage*; May 4-6; Novatech, Lyon, France; vol 1, pp. 567-574. (även publicerad i Pettersson (1999))

SGI (2003). *Drift av vägdagvattendammar*. Koncept 2003-03-17. (Vägverket FoU projekt: Funktions- och drifterfarenheter av vägdagvattenanläggningar).

SWECO VIAK (2003). *Förlängd provtagning Kolardammen*. SWECO VIAK, Anders Rydberg & Peter Hammerström, Stockholm, 2003-04-09.

SWECO VIAK (2005). *Dagvattenrening Årstafältet: Utvärdering av undersökningar genomförda 2003 – 2004*. SWECO VIAK, Anders Rydberg, Stockholm, 2005-08-25.

Strecker, E.W., Quigley, M.M., Urbonas, B.R., Jones, J.E. & Clary, J.K. (2001). Determining Urban Water BMP Effectiveness. *J. of Water Resources Planning and Management*, Vol. 127:3, pp. 144-149.

Strecker, E., Quigley, M., Urbonas, B. & Jones, J. (2004). Urban Stormwater BMP Performance: Recent Findings from the International Stormwater BMP Database project. *Proceedings of the 3th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management*; 6 - 10 June 2004; Novatech, Lyon, France.

Stumpf, R. (1983). The process of sedimentation on the surface of a salt marsh. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science*, Vol. 17, pp. 495-508.

Thackston, E.L., Shields, F.D. Jr. & Schroeder, P.R. (1987) Residence time distributions of shallow basins. *Environmental Engineering*, Vol. 113, pp.1319-1332.

Urbonas, B. & Stahre, P. (1983). *Stormwater Best Management Practices & Detention For Water Quality, Drainage & CSO Management*, Printice hall.

VA-Forsk (2002). *Ekologisk dagvattenhantering i Halmstad*, VA-Forsk rapport, Nummer 7, November 2002.

U.S. EPA (1986). *Methodology for analysis of detention basins for control of urban runoff quality*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA440/5-87-001, USA.

U.S. EPA (1986). *Methodology for analysis of detention basins for control of urban runoff quality*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA/440/5-87-001, September 1986.

U.S. EPA (2004). *Stormwater Best management Practice design Guide*. September 2004, EPA/600/R-04/121. [Internet] Available from: <<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs/600r04121/600r04121.htm>> [Accessed 13 Juli, 2005]

Walker, D. (1996). Residence Time in Constructed Wetlands. Proceeding of the 23rd *Hydrology and Water Resources Symposium*; 21-24 may, 1996; Hobart, Australia.

Wessén, E. (1997). *Våra ord deras uttal och ursprung: kortfattad etymologisk ordbok*. Norstedts Ordbok.

Wong, T.H.F. & Somes, N.L.G. (1995). A Stochastic Approach to Design Wetlands for Stormwater Pollution Control. *Water Science and Technology*, Vol 32:1, pp 145-151.

Vägverket (1990). *Hydraulisk dimensionering*. VV Publikation 1990:11.

Vägverket (1995). *Vägdagvatten dimensionering av avsättningsmagasin*. Rapport 0108, 1995-06-22.

Vägverket (1998a). *Rening av vägdagvatten, preliminära råd vid dimensionering av enklare reningsanläggningar*. Publikation 1998:009.

Vägverket (1998b). *Vägar och våtmarker: ett ekologiskt inspirationsprojekt utefter nya E6 i Halland*. Vägverket Region Väst.

Vägverket (2001). *Uppföljning av reningseffekten i vägverkets dagvattenanläggning i Linneaholm och vid Igelbäcken*. Rapport 2001:0473.

Vägverket (2003). *Vägdagvattendammar – En undersökning av funktion och reningseffekt*. Publikation 2003:188.

Opublicerat material

Hammer, M., Gyllin, M., Vought, L. & Lacoursière, J. (1996). *Flerbruk av öppet utjämningsmagasin för dagvatten: Exemplet Toftanäs, Malmö*. BFR projekt 890790-1. Slutrapport.

Herrmann, J. & Pettersson, T. (n.d.). *Traffic stormwater ponds in Eriksmåla, Southern Sweden: occurrence and reduction of water-borne nutrients and metals*. Freshwater Ecology Group, University of Kalmar. Manuscript.

Reningsresultat i form av Excelfiler för fyra mätserier. Sämt från Tekniska Verken i Linköping till SLU i mars 2005.

Spårämnesresultat i form av Excelfiler för Järnbrottet (stora). Sämt från Thomas Pettersson via e-brev till SLU i nov 2005.

Spårämnesresultat i form av Excelfiler för Bäckaslöv. Sämt från Jonas German via e-brev till SLU i nov 2005.

Spårämnesresultat i form av Excelfiler för Krubban. Sämt från Jonas German via e-brev till SLU i nov 2005.

Bilaga 1. Tabell över provtagna dagvattendammar

Namn och ort	Referens
Rackabjär E6:an, Getinge	Vägverket (1998b)
Kolardammen, Tyresö kommun	SWECO (2003)
Järnbrottsdammen (stora), Göteborg	Pettersson m.fl. (1999)
Järnbrottsdammen (lilla), Göteborg	Pettersson (1998)
Krubban, Örebro	Pettersson m.fl. (1999)
Perudammarna, Västervik	Haugan (2002)
Toftanäs, Malmö	Hammer, m.fl. (1996)
Vallås V1, Halmstad	VA-Forsk (2002)
Vallås V2, Halmstad	“
2040	Vägverket (2003)
2059	”
Loka1	”
Loka2	”
Loka3	”
Getinge	”
Barva stor	”
Barva 1	”
Högsjö	”
Stockeviken 1:1	”
Stockeviken 1:2	”
Stockeviken 3:1	”
Stockeviken 3:2	”
Bäckaryd damm 2	”
Berte	”
E18/E20-Mälardalen, F1	Funelöv & Nerf (2003)
E18/E20-Mälardalen, U5	“
E18/E20-Mälardalen, Vallby	”
E18/E20-Mälardalen, Gällråsen 4	”
E18/E20-Mälardalen, Dammen	Funelöv & Nerf (2003)
VV Skåne-NR13, Vallåkra	Naturvårdsingenjörerna (2004)
VV Skåne-NR24, Häljarp	”
VV Skåne-NR56, Klippan	”
VV Skåne-NR72, Simrishamn	”
VV Skåne-NR77, Börringe	”
E6 söder om Falkenberg, Falkenberg	Lundberg, m.fl. (1999)
Rv 13 väster om Klippan, Klippan	”
E22 vid Karlskrona, Karlskrona	”
Bäckaslöv, Växjö	Tekniska förvaltningen (1998)
E18/E20-Mälardalen, Dammen	Bergström & Janson (2002)
E20, F5	”
E18/E20-Mälardalen, Gällråsen 4	”
Linneaholm, Solna	Vägverket (2001)
Magle dagvattendammar (östra), Hässleholm	Hässleholms Kommun (1998)
Magle dagvattendammar (västra), Hässleholm	“

Smedstaddammen, Linköping	Tekniska Verken i Linköping (ej publicerat material)
Tornbydammen, Linköping	“
Hackeforsdammen, Linköping	“
Välenviken, Västra Frölunda	Monteiro (2005)
Eriksmåla, Emmaboda	Herrmann & Pettersson (n.d.)
Vallby, Västerås	Färm C. & Waara S. (2003)
Årstadfältet, Stockholm	SWECO VIAK (2005)

Bilaga 2. Protokoll över samtal i samband med inventeringen

Datum	Person
17/1 2005	Bo Lind, SGI
17/1	Mårten Hammer, SLU
20/1	Annette Nyström, VV mitt
20/1	Mats Lindquist, VV väst
20/1	Matti Envall, VV sydöst
24/1	Henrik Asp, VV Stockholm
24/1	Jennica Sjöstedt, VV Skåne
25/1	Helene Bermell, VV Mälardalen
24/1	Tomas Åkesson, Örebro kommun
24/1	Malmö Kommun, Malmö kommun
25/1	Lars Johansson, Jönköpings kommun
25/1	Hans Åke Ström, Kristianstad kommun
24/1	Pär Persson, Helsingborgs kommun
3/2	Mats Gyllin, SLU
17/2	Håkan Andersson, Kalmar kommun
17/2	Per Anders Bergman, Karlstad kommun
17/2	Sigvard Petersson, Linköpings kommun
17/2	Kurt Knutsson, Umeå kommun
17/2	Linda Forss, Östersunds kommun
17/2	Henrik Alm, Stockholm stad
18/2	Kjell Gustavsson, Växjö kommun
25/2	Malin Ängström, Växjö kommun
25/2	Torsten Rosenquist, Halmstad kommun
9/3	Ingvar Skog, Stockholm Vatten
31/3	Annette Nyström, VV mitt
31/3	Sigvard Petersson, Linköpings kommun
1/4	Daniel Tynell, VV Mitt
11/11	Thomas Lagerwall, Tyresö kommun
nov. och dec.	Jonas German, Chalmers (Urban Water)
7/12	Maria Vikström, DHI Sverige

Bilaga 3. Ordlista

Allmänt

Hydraulisk belastning	Kvoten mellan inflöde och dammens area. Kan liknas med enheten <i>mm regn per tidsenhet</i> .
Avskiljningseffektivitet	Den mängd föroreningar som avskiljs i förhållande till inkommande mängd. Enheten anges oftast i procent. Begreppet har inget att göra med uppsatta mål eller förväntningar.
Hydraulisk effektivitet	Förmågan att sprida inkommande vattnet jämt över dammen, det vill säga 100 % betyder att hela vattenmassan används.

Tid

Aktuell uppehållstid	Medeluppehållstiden för alla partiklar/vattenpaket som passerar dammen.
Nominell uppehållstid	Kvoten mellan dammvolym och medelflöde.

Area/Volym

Effektiv volym	Antas vara den volym (area) som är effektiv, det vill säga verksam
Effektiv volymskvot	Kvoten mellan medeluppehållstid och nominell uppehållstid.
Reducerad area	Avrinningsområdets yta multiplicerat med ytans avrinningskoefficient ofta betecknad som ϕA .
Specifik dammarea	Kvoten mellan dammarea och avrinningsområdets hårdgjorda yta (uttryckt i till exempel i m ² /ha eller i %).
Effektiv specifik dammarea	Det är den specifika dammarea som antas vara verksam, baserat på den effektiva volymen.

Vägverket
781 87 Borlänge
www.vv.se vagverket@vagverket.se
Telefon: 0771-119 119. Telefax: 0243-758 25. Texttelefon: 0243-750 90



Vägverket